

LINEAMIENTOS DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS PARA APRECIAR APORTES DE
LA DINÁMICA DE SISTEMAS (DS) EN LOS PROCESOS DE APRENDIZAJE Y DE
FORMACIÓN ESCOLAR.

ING. JOSÉ RICARDO ARISMENDI SANTOS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA
2012

LINEAMIENTOS DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS PARA APRECIAR APORTES DE
LA DINÁMICA DE SISTEMAS (DS) EN LOS PROCESOS DE APRENDIZAJE Y DE
FORMACIÓN ESCOLAR.

ING. JOSÉ RICARDO ARISMENDI SANTOS

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR EL
TÍTULO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

DIRECTOR
HUGO HERNÁNDO ANDRADE SOSA
MAGÍSTER EN INFORMÁTICA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA

2012

DEDICATORIA

A Dios por sus bendiciones y protección.

A mi hermosa esposa y mi adorado hijo por haber sido mi mayor fortaleza y apoyo.

A mis padres y familia por su acompañamiento incondicional en cada etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Hugo Hernando Andrade Sosa por sus orientaciones y conocimientos brindados como director en cada momento de la maestría, y por su apoyo en diversos momentos y situaciones vividas como integrante del grupo SIMON.

A las personas y compañeros que me podido conocer en estos años de Universidad, porque en todos ellos he encontrado grandes aprendizajes y verdaderos amigos.

A los compañeros del grupo SIMON por su amistad y acompañamiento.

A toda mi numerosa familia, por hacerme sentir la persona más afortunada del mundo al tenerlos a ellos y poder disfrutar de tantos momentos de felicidad.

CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN.....	15
1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.2 OBJETIVOS	20
1.2.1 OBJETIVO GENERAL:.....	20
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	21
1.3.1 INTRODUCCIÓN.....	21
1.3.2 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN-ACCIÓN	22
1.3.2.1 SITUACIÓN ACTUAL.....	23
MARCO DE POLÍTICA NACIONAL EN EDUCACIÓN	24
1.3.2.2 SITUACIÓN DESEADA.....	26
2 REVISIÓN TEÓRICA	28
2.1 INTRODUCCIÓN	28
2.2 CONOCIMIENTO	29
2.3 CIENCIA	30
2.4 OBJETIVIDAD EN LA CIENCIA.....	31
2.5 OBSERVACIÓN	33
2.6 OBSERVACIÓN CIENTÍFICA.....	33
2.7 EXPLICACIÓN CIENTÍFICA.....	34
2.8 INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.....	35
2.8.1 EL MÉTODO CIENTÍFICO	36
2.8.2 FORMAS Y TIPOS DE INVESTIGACIÓN	38
2.8.3 TRIANGULACIÓN DE DATOS	42
2.9 PARADIGMA	42
2.10 PARADIGMA DE PENSAMIENTO DINÁMICO SISTÉMICO	42
2.11 SISTEMA	44
2.12 DINÁMICA DE SISTEMAS.....	45

2.13	MODELO.....	45
2.14	MODELADO Y SIMULACIÓN EN DINÁMICA DE SISTEMAS	46
2.15	APRENDIZAJE MEDIANTE EL MODELADO Y LA SIMULACIÓN CON DINÁMICA DE SISTEMAS	47
2.16	EDUCACIÓN	49
2.17	FORMACIÓN.....	49
2.18	PEDAGOGÍA	50
2.19	DIDÁCTICA.....	50
2.20	EVALUACIÓN.....	51
2.21	EXPERIMENTO.....	52
2.21.1	EXPERIMENTOS CONTROLADOS	53
2.21.2	EXPERIMENTOS EN AMBIENTE NATURAL	54
2.22	EXPERIENCIA.....	55
2.23	EVALUACIÓN DE SOFTWARE.....	56
2.23.1	LA CALIDAD DEL SOFTWARE EDUCATIVO.....	56
2.23.2	EVALUACIÓN DE SOFTWARE EDUCATIVO	57
2.23.2.1	LA EVALUACIÓN INTERNA.....	57
2.23.2.2	LA EVALUACIÓN EXTERNA	58
3	ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE	60
3.1.1	<i>EXPERIENCIAS DE USO DE DINÁMICA DE SISTEMAS EN EDUCACIÓN</i> 60	
3.1.1.1	A NIVEL INTERNACIONAL	60
3.1.1.2	A NIVEL LOCAL	65
3.1.1.3	CONCLUSIONES SOBRE EL USO DE DS EN EDUCACIÓN	72
3.1.2	<i>DISEÑO DE EXPERIMENTOS EN DINÁMICA DE SISTEMAS.....</i>	<i>75</i>
3.1.2.1	A NIVEL INTERNACIONAL	75
3.1.2.2	A NIVEL LOCAL	85
3.1.2.3	CONCLUSIONES SOBRE EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS PARA LA INVESTIGACIÓN DEL USO DE DS.....	88
3.1.2.4	REFLEXIÓN FINAL.....	89

4	PROPUESTA DE LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO DE	92
	EXPERIMENTOS	92
4.1	INTRODUCCIÓN	92
4.2	DEFINICIÓN DE EXPERIENCIA-EXPERIMENTO	94
4.3	CONTEXTO DE EXPERIENCIA-EXPERIMENTO	97
4.4	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE EXPERIENCIAS-EXPERIMENTO	97
4.4.1	<i>PROPUESTA PARA LA DIFUSIÓN E LA DS EN LA ESCUELA</i>	<i>97</i>
4.4.2	<i>¿CÓMO USAR LA DS CON ESTUDIANTES EN EDAD ESCOLAR?</i>	<i>102</i>
4.4.2.1	<i>ACTIVIDADES GENERALES CON DINÁMICA DE SISTEMAS</i>	<i>103</i>
4.4.2.2	<i>HABILIDADES DE PENSAMIENTO CON DINÁMICA DE SISTEMAS</i>	<i>103</i>
4.4.3	<i>¿QUÉ OBSERVAR DURANTE UNA EXPERIENCIA EXPERIMENTO?</i>	<i>109</i>
4.5	MODELO DE LINEAMIENTOS PARA EXPERIENCIAS-EXPERIMENTOS	130
4.5.1	<i>MOMENTO 1: Definiciones Tempranas</i>	<i>132</i>
4.5.2	<i>MOMENTO 2: Diseño metodológico y Acción en campo.</i>	<i>133</i>
4.5.3	<i>MOMENTO 3: Análisis de resultados y reflexión final.....</i>	<i>136</i>
4.6	EXPERIENCIAS	138
4.6.1	<i>CUALIFICACIÓN DOCENTE</i>	<i>139</i>
4.6.2	<i>ACOMPañAMIENTO DE EXPERTOS.....</i>	<i>140</i>
4.6.3	<i>AMBIENTE INFORMÁTICO</i>	<i>140</i>
4.6.4	<i>LÚDICA</i>	<i>141</i>
4.6.5	<i>GUÍAS ESCOLARES.....</i>	<i>141</i>
4.7	AMBIENTES INFORMÁTICOS PARA EXPERIENCIAS EXPERIMENTOS	143
4.7.1	<i>DISEÑO DE AMBIENTES INFORMÁTICOS PARA EE</i>	<i>143</i>
4.7.2	<i>SELECCIÓN O DESARROLLO DE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS... ..</i>	<i>144</i>
5	ILUSTRACIÓN DE LA PROPUESTA EXPERIENCIAS-EXPERIMENTOS	150
5.1	INTRODUCCIÓN	150
5.2	EXPERIENCIAS-EXPERIMENTOS EN EL CASO DE ESTUDIO SAT EN SALUD	151
5.3	DEFINICIÓN DE EXPERIENCIAS-EXPERIMENTOS EN SAT EN SALUD	152
5.3.1	<i>MOMENTO 1: DEFINICIONES TEMPRANAS.....</i>	<i>152</i>

5.3.1.1	MARCO CONCEPTUAL ESPECÍFICO	152
5.3.1.2	HIPÓTESIS EXPERIMENTAL	154
5.3.1.3	AMBIENTE INFORMÁTICO.....	154
5.3.1.4	DISEÑO DE EXPERIMENTO	155
5.3.2	<i>MOMENTO 2: DISEÑO METODOLÓGICO Y ACCIÓN EN CAMPO</i>	156
5.3.2.1	DISEÑO METODOLÓGICO.....	156
5.3.2.2	ACCIÓN EN CAMPO	157
5.3.3	<i>MOMENTO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y REFLEXIÓN FINAL</i>	158
5.4	CONCLUSIONES Y RESULTADOS DE LAS EE EN SAT	162
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	166
6.1	CONCLUSIONES.....	166
6.2	RECOMENDACIONES.....	167
	BIBLIOGRAFÍA.....	200
	ANEXOS.....	168

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1: Metodología de Investigación Acción.	22
Figura 2: Relación Teoría - Método - Metodología – Objeto	30
Figura 3: Enfoques de Investigación	38
Figura 4: Formas y Tipos de Investigación	39
Figura 5: Concepto de modelo.	45
Figura 6: Ciclos de aprendizaje "Natural"	48
Figura 7: Ciclos de aprendizaje "Artificial"	48
Figura 8: Relación entre Experiencia y Experimento.....	96
Figura 9: Ambiente de actividades integradas con la Dinámica de Sistemas.	101
Figura 10: Momentos generales en una Experiencia-Experimento.	131
Figura 11: Momento 1. Definiciones tempranas en una Experiencia-Experimento.....	132
Figura 12: Momento 2. Diseño metodológico y Acción en campo en una Experiencia-Experimento.....	134
Figura 13: Momento 3. Análisis de resultados y reflexión final en una Experiencia-Experimento.....	137
Figura 14: Recursos computacionales desarrollados por Simon	145
Figura 15: Definición de el Ambiente Informático en el marco de las EE	146
Figura 16: Dinámica entre Ambiente Informático y Experiencias.....	147
Figura 17: Actividades por etapa en el proyecto escolar.....	154
Figura 18: Simulador juego de la epidemia.....	155
Figura 19: Niveles de lectura de gráficas por estudiantes	159
Figura 20: Niveles de interpretación de gráficas por estudiantes	160
Figura 21: Simulador del juego de la epidemia.....	181
Figura 22: Gráfica dinámica del simulador.	181
Figura 23: Botones para Simular	181
Figura 24: Números de personas sanas y enfermas	182

LISTA DE ANEXOS

	pág
<u>ANEXO A: GUÍA EXPERIMENTAL</u>	169
<u>ANEXO B: GUÍA GENERAL SIMULADOR JUEGO DE LA EPIDEMIA</u>	170
<u>ANEXO C: GUÍA DE USO DEL SIMULADOR DE UNA EPIDEMIA</u>	180
<u>ANEXO D: GUÍA DOCENTE SIMULADOR JUEGO DE LA EPIDEMIA</u>	184
<u>ANEXO E: GUÍA ESCOLAR ESTUDIANTES SIMULACIÓN JUEGO DE LA EPIDEMIA</u>	187
<u>ANEXO F: REGISTRO DE ESTUDIANTES GUÍA ESCOLAR</u>	189
<u>ANEXO G: REGISTRO DE OBSERVACIONES EXPERIMENTALES</u>	195

RESUMEN

TÍTULO: LINEAMIENTOS DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS PARA APRECIAR APORTES DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS (DS) EN LOS PROCESOS DE APRENDIZAJE Y DE FORMACIÓN ESCOLAR*

AUTOR: Ing. José Ricardo Arismendi Santos **

PALABRAS CLAVES:

Diseño, experimentos, educación, modelado, simulación, escuela, Dinámica de Sistemas.

CONTENIDO:

Este trabajo de investigación presenta un modelo de lineamientos para el diseño de experimentos (Experiencias-Experimentos), que formalizan y orientan la observación de experiencias escolares con integración de DS.

Las Experiencias-Experimentos se realizan en el marco de la Investigación-Acción, por medio de la cual se interviene el campo escolar, conservando el contexto real en el que se desarrollan cotidianamente los procesos educativos. Al formalizar la acción experimental, es posible apreciar los aportes de la DS en la educación, identificando los factores que favorecen o dificultan su integración. Así se identifican condiciones que favorecen el escenario de integración y fortalecen la propuesta teórica de difusión de la DS en la escuela.

El trabajo final presenta una colección de conceptos y posturas científicas pilares para el desarrollo de la investigación, los cuales orientaron la construcción de los lineamientos para el diseño de EE con DS en educación. Incluye un recorrido a los antecedentes y estado del arte, con una descripción de experiencias locales e internacionales que asumen la incorporación del modelado y simulación (M y S) con DS en educación, o que aportan elementos al diseño de experimentos en el contexto del presente trabajo. Se presenta la propuesta de lineamientos para el diseño de EE, que permitan apreciar aportes de la DS en educación y se ilustran elementos fundamentales que caracterizan el contexto de interpretación de la propuesta. Finalmente, se reportan los resultados obtenidos al ilustrar la propuesta de EE en un caso de estudio.

* Tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas e Informática.

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática.
Director: Mag. Hugo Hernando Andrade Sosa.

ABSTRACT

TITLE: EXPERIMENTAL DESIGN GUIDELINES FOR APPRECIATE CONTRIBUTIONS OF THE SYSTEM DYNAMICS (DS) IN THE PROCESSES OF LEARNING AND TRAINING SCHOOL*.

AUTHOR: Ing. José Ricardo Arismendi Santos**

KEY WORDS: Design, experiments, education, modeling, simulation, school, System Dynamics.

CONTENT:

This research presents a model of guidelines for the design of experiments (Experiences-Experiments), which formalize and guide the observation of school experiences with integrating of DS.

The Experiences-experiments are done in the framework of Action Research, through which intervenes school campus, preserving the real context in which develop daily educational processes. By formalizing of experimental action, may appreciate the contributions of the SD in education, identifying the factors that help or hinder their integration. Thus identify conditions that favor the integration scenario and strengthen the theoretical proposal of diffusion of SD at school.

The final work presents a collection of concepts and scientific pillars positions for the development of research, which guided the construction of guidelines for the design of EE with SD in education. Includes a tour to the history and state of the art, with a description of local and international experiences that assume the incorporation of modeling and simulation (M & S) with DS in education, or to contribute items to the experimental design in the context of this work. Presents the proposed guidelines for the design of EE, which to judge the DS contributions in education and illustrate key elements that characterize the context of interpreting the proposal. Finally, reports the results to illustrate the proposal of EE in a study case.

* Master Thesis in Systems and Informatic Engineering.

**Physicala Mechanics Faculty. Informatics and Systems Engineering School.
Director: Msc. Hugo Hernando Andrade Sosa.

INTRODUCCIÓN

Diariamente las personas experimentan -viven experiencias-, en muchas situaciones de su cotidianidad, algunas de ellas con mayor grado de significancia, recordación y durabilidad en el tiempo que otras, pero todas experiencias. Es decir, los seres humanos estamos inmersos en un océano de experiencias a las cuales nos enfrentamos a diario y se hacen necesarias para nuestra adaptación al mundo.

La escuela es uno de los tantos escenarios en donde los individuos -niños y jóvenes especialmente-, viven múltiples experiencias de tipo personal y colectivo de gran importancia para su desarrollo social. Por su carácter esencial en la formación, este tipo de experiencias demandan acompañamiento y seguimiento, para orientar de manera adecuada cada una de las acciones que se incorporan, y así se pueda dar continuidad y mejoramiento a la labor que debe desempeñar la escuela.

Hoy es una tendencia generalizada que los gobiernos destinen grandes rubros para la adquisición de infraestructura tecnológica y diseño de programas; es común también encontrar miembros de la comunidad que asumen las TIC sin reparos, convencidos de sus innegables beneficios, y también, es evidente la motivación y el interés que despierta en la población estudiantil la participación en experiencias de aprendizaje con útiles caracterizados de innovación tecnológica.

Por la facilidad con la que están penetrando en las instituciones escolares las tecnologías informáticas y de comunicación, se requiere la generación de propuestas para una integración adecuada, en donde no se desvirtúen los fines formativos. Así, las instituciones gubernamentales y educativas de nivel superior en conjunto, asumen la tarea de diseñar y proponer estrategias y metodologías que permitan el uso adecuado e innovador de útiles, recursos y tecnologías en educación.

Esta característica del escenario escolar ha permitido que desde la universidad y en el marco de proyectos estatales, en países como Estados Unidos y Colombia (con el trabajo del grupo Simon), se estén realizando experiencias de integración de la

Dinámica de Sistemas (DS) en la educación, como una propuesta de innovación con TIC.

Con la responsabilidad de presentar a las comunidades ideas y recursos pertinentes y favorables a los procesos educativos, el grupo Simon por medio del presente trabajo de investigación, plantea la necesidad de hacer la evaluación de los ambientes informáticos, bajo lineamientos que incorporan al ejercicio investigativo el diseño de Experiencias Experimentos (EE). Así, se incluye a las experiencias escolares, un tipo particular de seguimiento y análisis experimental apropiado para el campo social al cual se aporta.

El informe final de tesis de investigación se despliega en cinco capítulos, que se resumen en las siguientes ideas:

El capítulo 1 presenta la descripción de proyecto, mediante el planteamiento del problema, los objetivos, la pregunta de investigación y la metodología de investigación seguida.

El capítulo 2 muestra una colección de conceptos y posturas científicas pilares para el desarrollo de la investigación, los cuales orientaron la construcción de los lineamientos para el diseño de EE con DS en educación. Este conjunto de elementos es integrado al ejercicio de investigación acción y asumidos según su relación con los planteamientos del Pensamiento Dinámico Sistémico (PDS).

En el capítulo 3 se hace un recorrido a los antecedentes y estado del arte, con una descripción de experiencias locales e internacionales que asumen la incorporación del modelado y simulación (M y S) con DS en educación, o que aportan elementos al diseño de experimentos en el contexto del presente trabajo.

El capítulo 4 presenta la propuesta de lineamientos para el diseño de EE, que permitan apreciar aportes de la DS en educación. De igual manera, se ilustran elementos fundamentales que caracterizan el contexto de interpretación de la propuesta.

Finalmente en el capítulo 5 se reportan los resultados obtenidos al ilustrar la propuesta de EE en un caso de estudio particular, en el marco de un proyecto para construcción de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) en salud.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A medida que la naturaleza exige al hombre idear objetos e instrumentos para satisfacer sus necesidades y superar las dificultades del mundo, se crean condiciones que promueven la evolución de la humanidad. En este sentido se han concebido los más grandes inventos y obras que caracterizan y determinan la historia. Las tecnologías de información y comunicación (TIC) son el elemento protagónico de la evolución, que está marcando el presente.

Muchos esfuerzos se están realizando para que las nuevas TIC brinden apropiados y valiosos aportes a necesidades en diferentes escenarios. Uno de los escenarios en el cual se ha despertado gran interés es el educativo, con una demanda constante de recursos y útiles computacionales que mejoren, faciliten y aporten innovación en los procesos de formación y aprendizaje.

La preocupación por un uso adecuado de la TIC en educación, ha sido asumida por numerosas personas y organizaciones, entre ellas las universidades, quienes tienen la responsabilidad de desarrollar soluciones de tipo software que satisfagan las necesidades de sus usuarios (comunidades educativas).

SIMON es un grupo académico que desde mediados de los años 90, inicia la tarea de investigar acerca del uso de TIC en la educación escolar, proponiendo el uso de la DS como elemento promotor de innovación educativa con TIC. Se ha recorrido un camino con numerosos aportes, tales como herramientas computacionales, lineamientos metodológicos, guías escolares, modelos de simulación y variados útiles para fines educativos.

Los hallazgos investigativos obtenidos por el grupo y otros a nivel internacional, se consolidan para formular la propuesta titulada: *“Propuesta para la difusión de la Dinámica de Sistemas en la escuela”* (NAVAS, 2006). De esta forma, SIMON formaliza su accionar investigativo y define de manera particular un marco conceptual de

investigación, que presenta orientaciones generales para la integración de la DS en la escuela, y advierte ciertas particularidades del escenario y de sus actores que se convierten en barreras al proyecto de uso de la DS en la educación.

En años posteriores la labor investigativa, se ha preocupado por la formulación de nuevos elementos que con su vinculación a la propuesta brinden mejores condiciones para la integración de la DS a la escuela y se aporte a la superación de las barreras detectadas. Así, se desarrollan trabajos como el de *“Uso de la lúdica para facilitar la integración del modelado y la simulación en la escuela”* (MAESTRE, 2011), *“Diseño de red de aprendizaje para proyectos de innovación educativa con TIC”* (LOPEZ, 2011) y el presente *“Lineamientos de diseño de experimentos para apreciar aportes de las Dinámica de Sistemas (DS) en los procesos de aprendizaje y formación escolar”*.

El presente trabajo, parte de una reflexión introspectiva en la cual, se hace un análisis de los logros obtenidos por el grupo. Se pueden reconocer grandes resultados, tales como el desarrollo de numerosos y variados recursos informáticos, mejoramiento en la toma de decisiones de los estudiantes, aceptación y motivación de las comunidades participantes y desarrollo de numerosas experiencias escolares que han fortalecido el marco conceptual y han viabilizado la integración de la DS en la escuela.

Sin embargo, al cuestionar sobre alcances de mayor profundidad conceptual, como cambio en los modelos mentales, comportamiento y prácticas guiadas por el conocimiento, desarrollo de habilidades y actitudes que permitan una mejor formación social de los estudiantes y transformación de la escuela, entre otros, se revelan deficiencias en el análisis e incapacidad en la verificación de resultados. Se concluye que la falta de un ejercicio investigativo más formal en el diseño, registro y análisis de experiencias, no ha permitido un reconocimiento consciente de elementos que brinden insumos a la reflexión requerida.

La falta de rigurosidad y formalidad en trabajos de investigación, especialmente en el campo social como es el caso de la educación, también ha sido manifestada por autores en campos diferentes de la DS. Reeves afirma que con mayor frecuencia se realizan trabajos carentes de una agenda robusta de investigación (REEVES, 2000). Se

encontraron dificultades que conllevan a un errado diseño experimental y por ende a un inadecuado ejercicio científico en el campo de la investigación en tecnología educativa.

Así, se evidencia la necesidad de lineamientos que permitan refutar o confirmar los aportes educativos fundamentales de la DS. Para orientar la investigación se plantea como hipótesis la formulación de lineamientos para el diseño de Experimentos particulares para el estudio de la DS en el campo de las ciencias sociales (educación).

Finalmente, se define la siguiente pregunta guía para el trabajo:

¿Cuáles deben ser las orientaciones para el diseño de experimentos, que permitan apreciar los aportes de la Dinámica de Sistemas (DS) en los procesos de aprendizaje y de formación escolar?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL:

Definir lineamientos para el diseño de experimentos que permitan apreciar aportes de la Dinámica de Sistemas (DS) en los procesos de aprendizaje y de formación escolar, con el uso de ambientes informáticos en contexto.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Formular lineamientos conceptuales y metodológicos para el diseño de experimentos que permitan:
 - Caracterizar y tipificar las situaciones problemáticas para las cuales se brindan aportes.
 - Presentar orientaciones generales para el diseño, ejecución e interpretación de resultados durante el proceso experimental, según la caracterización y tipificación realizada de las situaciones problemáticas.
 - Confirmar o refutar los fines y propósitos de los ambientes informáticos en contexto y con usuarios específicos.

- Identificar lineamientos para la construcción de los ambientes informáticos con DS que serán usados con fines o propósitos educativos.
- Orientar la construcción y reconstrucción de la misma propuesta a quien la siga.
- ✓ Definir requerimientos y diseño general de los ambientes informáticos que presentan escenarios de simulación, apropiados para la ejecución y seguimiento de experimentos, en los cuales los sujetos humanos desarrollan aprendizajes.
- ✓ Confirmar la utilidad de los lineamientos conceptuales y metodológicos propuestos para el diseño de los experimentos, ilustrando la propuesta con un caso específico.

1.3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 INTRODUCCIÓN

El concepto de Investigación-Acción que ha sido asumido en el presente trabajo, es en el que investigador se sumerge en una situación humana y sigue su curso, por cualquier camino que se tome, a medida que la misma se despliega a través del tiempo.

Checkland y Holwell sistematizan este proceso de Investigación-Acción como una *“investigación científica que involucra un marco conceptual (C) que se usa en una metodología (M) para investigar un área de interés (A)”*. El investigador debe declarar explícitamente la triplete CMA al iniciar su Investigación-Acción y así, podrá entender o interpretar el sentido de su estudio (ANDRADE et al, 2001).

Interpretando los elementos fundamentales de la Investigación-Acción para el caso particular de este trabajo, CMA se define de la siguiente manera:

C: Marco teórico de la propuesta de lineamientos para el diseño de experimentos (*capítulo 7*), en el cual se incluyen fundamentos del PDS y de la DS, de investigación científica, de educación, de experimentación y de evaluación de ambientes informáticos.

M: Metodología de Investigación acción propuesta por Checkland y Holwell.

A: Diseño de experimentos que permitan apreciar aportes de la Dinámica de Sistemas (DS) en los procesos de aprendizaje y de formación escolar, con el uso de ambiente informáticos en contexto.

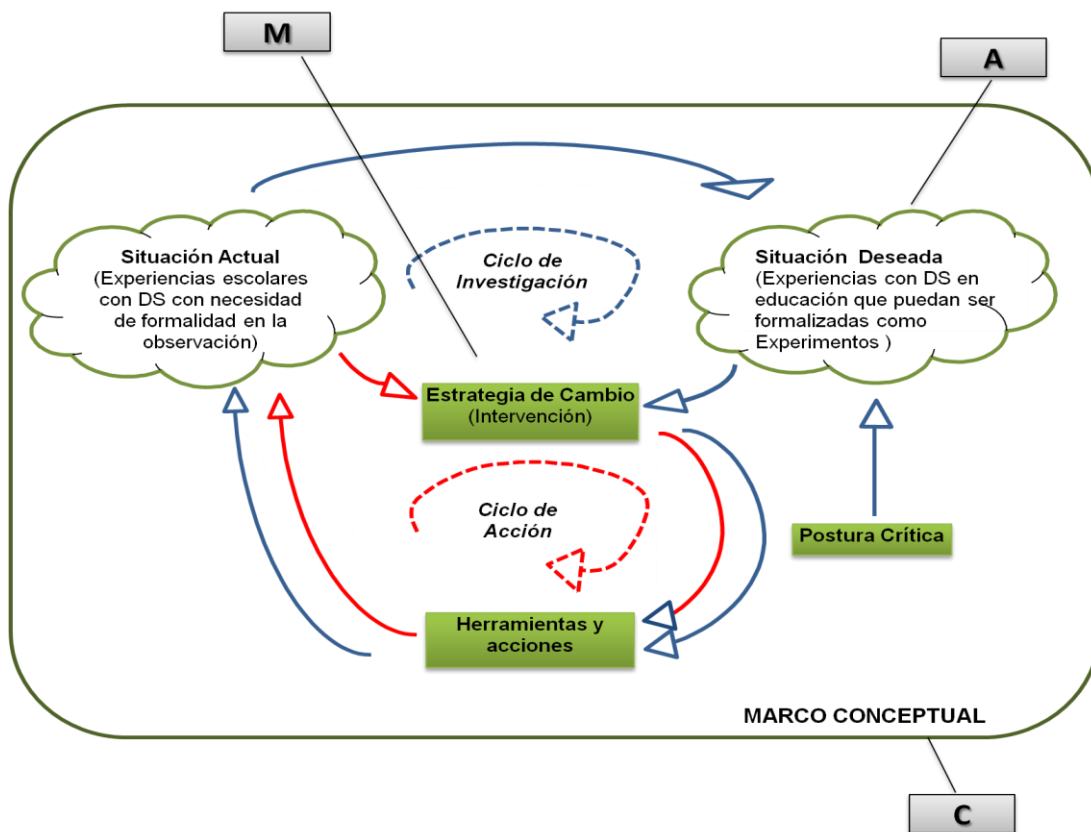
1.3.2 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN-ACCIÓN

La dinámica en la cual interactúan todos los elementos de la triplete CMA puede ilustrarse de la siguiente manera:

Figura 1

A partir de un marco conceptual (**C**), el cual guía y suministra los elementos teóricos en la investigación, se aborda una situación problemática (**A**) que es tangible en un momento histórico denominado **situación actual**.

Figura 1: Metodología de Investigación Acción.



Fuente: El Autor

Mediante un ejercicio de investigativo (*M*) busca la transformación de la realidad y llegar así a una **situación deseada** en cierto momento, en la cual se supone hay mejores condiciones para superar la situación problémica de interés.

La metodología de trabajo orienta una construcción para el hacer en el mismo hacer, es decir mediante la inmersión en la situación se busca entender y hallar elementos que permitan el mejoramiento de la situación.

En esta dinámica se presentan múltiples ciclos internos que mediante una postura crítica y reflexiva por parte de los participantes provocan cambios en las herramientas, en los ambientes informáticos y en las acciones. De la misma manera la situación actual en cada momento también se transforma y se acerca a la deseada, este es el **ciclo de Acción**.

Otro ciclo que es un poco más lento y que puede requerir de varias iteraciones en el ciclo de acción, es el **ciclo de Investigación**, en el cual se genera cambios y mejoramiento en el marco conceptual que orienta globalmente todo el ejercicio de investigación.

1.3.2.1 SITUACIÓN ACTUAL

En este punto, es importante aclarar el contexto en el cual se desarrolla el trabajo de investigación y así determinar los elementos que caracterizan el momento del cual se parte, es decir describir la situación actual.

En la actualidad se realizan experiencias que buscan la integración de la DS con la educación, tanto a nivel internacional como a nivel local (Experiencias del grupo Simon).

Cada investigación asume una situación problémica en particular y desarrolla una serie de actividades que involucra la formación de docentes en el lenguaje de la DS, elaboración de recursos informáticos, guías metodológicas y escolares, y todo tipo de útiles escolares, que faciliten el uso de la DS en el contexto escolar.

Cada día se evidencian y publican los alcances y oportunidades de innovación que son posibles al usar la DS en educación, como se refleja en el estado del arte en el *Capítulo 3*.

En particular, el grupo Simon en la actualidad intensifica su ejercicio investigativo de DS en educación, mediante trabajos académicos a nivel de pregrado y maestría, y en convenios con entidades del estado que buscan llevar a la comunidad educativa de básica y media especialmente, recursos informáticos y de comunicación.

Esta situación actual, demanda para Simon una mayor formalidad en las acciones investigativas, de tal manera que se definan orientaciones metodológicas y técnicas para el registro y análisis de las observaciones realizadas durante las experiencias. Así, se podrá contar con un conjunto de datos, evidencias y continuas reflexiones que permitirán afirmar o refutar las hipótesis que se plantean en cada estudio o proyecto acerca del uso de la DS en educación.

MARCO DE POLÍTICA NACIONAL EN EDUCACIÓN

Aunque el producto final de la presente investigación, proporciona lineamientos generales para el diseño de experiencias en educación con DS, con la formalidad de experimentos, hay que reconocer el contexto en el cual se desarrolla la investigación; en especial, porque la Investigación Acción requiere de actividades de inmersión en campo, que deben ser diseñadas en el marco de las normas y lineamientos educativos de las instituciones educativas colombianas participantes.

A continuación se hace una síntesis de las principales normas que regulan el proceso educativo en Colombia, ilustrando un escenario de inclusión tecnológica y de innovación, en el cual se hace pertinente y significativo el uso de la propuesta de modelado y simulación con DS:

- ✓ ***Revolución Educativa.*** Propuesta para la transformación de la educación en Colombia, que nace con la constitución de 1991 y se consolida en el 2002. Promueve la innovación educativa por medio del uso de medios y TIC en todos

los niveles educativos, para el desarrollo de competencias básicas ciudadanas, profesionales y laborales.

- ✓ **Ley 115 de 1994, Ley General de Educación.** Las instituciones educativas colombianas tiene la autonomía para diseñar y poner en práctica su Plan Educativo Institucional (PEI), a partir de los lineamientos de calidad proclamados en la misma ley.
- ✓ **Ley de Ciencia y Tecnología 1286 de 2009.** La consolidación de una política de estado en Ciencia, Tecnología e Innovación, depende de la promoción y desarrollo de la calidad de la educación por medio de la generación de nuevos investigadores, emprendedores y desarrolladores tecnológicos e innovadores.
- ✓ **Plan Decenal de Educación 2006-2016.** Propone llevar a cabo programas y acciones que contribuyan al desarrollo sostenible y sustentable, a través de la ampliación de oportunidades de progreso de los individuos, las comunidades, las regiones y la nación. Es un pacto social para el desarrollo educativo del país, que propende entre otros por:
 - Renovación pedagógica y el uso de TIC en educación, a través de la dotación de infraestructura tecnológica informática y de conectividad, el fortalecimiento de procesos pedagógicos, la formación inicial y permanente de docentes en el uso de TIC, la innovación pedagógica e interacción de actores educativos.
 - Ciencia y tecnología integradas a la educación.
- ✓ **Metas 2021, La educación que queremos para la generación de los bicentenarios.** Entre otras metas, contempla la puesta en marcha del programa de incorporación de TIC en la educación, que tiene como implicaciones, el desarrollo de infraestructura, dotación de recursos y equipamiento de las instituciones educativas, y la definición de líneas estratégicas de actuación que se focalizan en la formación, la infraestructura y contenidos, y su interacción.
- ✓ **Plan Sectorial de educación 2010-2014, El camino de la prosperidad.** Define cinco estrategias para fomentar el uso de TIC: acceso a tecnología, formación de la comunidad educativa, gestión de contenidos, educación virtual y la consolidación de un sistema de innovación educativa.

Estas coordenadas de política, hacen parte del paisaje que caracteriza la situación actual de las experiencias con DS llevadas a cabo en escuelas Colombianas, y que para el caso nuestro, deben ser consideradas para que la propuesta de difusión de DS en la escuela sea coherente con las necesidades y proyecciones de la educación en el país.

1.3.2.2 SITUACIÓN DESEADA

Se espera consolidar la propuesta de difusión de la DS en la escuela, diseñada y promovida desde sus diferentes acciones por el grupo Simon, la cual se convierte en el marco conceptual que guía el ejercicio investigativo del grupo en el propósito de integración del modelado y la simulación en la educación.

El futuro debe mostrar unos lineamientos que orienten la realización de experiencias formales en contexto y con los actores reales, enriqueciendo la reflexión que permitirá la reformulación continua del mismo marco teórico en una dinámica autoreferenciable, y completa de Investigación Acción.

CAPÍTULO 2

REVISIÓN TEÓRICA

2 REVISIÓN TEÓRICA

2.1 INTRODUCCIÓN

La educación ha requerido de numerosos y especializados trabajos investigativos durante su historia, para encontrar formas de hacer, con mejores resultados y mayores alcances en los miembros de la comunidad educativa. En especial las actividades en el aula han tenido gran atención y cobertura en los estudios, realizando experiencias que han permitido proponer, probar o refinar orientaciones metodológicas y útiles escolares; así se crearon las condiciones para el nacimiento de disciplinas especializadas como la psicopedagogía, la didáctica y la tecnología educativa que trabajan por el mejoramiento de la educación y sus procesos.

Aunque la DS en sus inicios no tuvo un interés directo de incursión en educación, sus trabajos y creaciones fueron brindando soporte a procesos formativos y poco a poco se ha convertido en un útil escolar con múltiples experiencias en todo el mundo. Por tal motivo, actualmente la DS se considera como una propuesta de innovación tecnológica que puede ser integrada en las prácticas educativas.

Pensar en lineamientos para el diseño de experimentos en ambientes de aprendizaje que incorporan el uso de innovación tecnológica con DS, obliga a recorrer diferentes caminos y a buscar la confluencia, complementariedad y sinergia, entre conceptos e ideas que han sido desarrolladas en diversos campos como la investigación, la educación y la DS.

Este capítulo presenta conceptos y posturas científicas que se convierten en base para la construcción de los lineamientos para el diseño de experimentos con DS en educación. El conjunto de definiciones es seleccionado y asumido entre la diversidad de interpretaciones, de acuerdo a su coherencia y relación con los planteamientos del PDS que orientan la investigación.

Posteriormente en el capítulo 4 se elabora el marco teórico, que fundamenta la propuesta de diseño de experimentos desarrollada, y en el cual se profundiza en ideas que clarifican el contexto y orientan la implementación de la propuesta.

En primera instancia, se presenta las definiciones y relaciones entre el Conocimiento y Ciencia, y las múltiples concepciones asociadas que orientan un accionar investigativo y de observación como un ejercicio de carácter científico. En segundo lugar, se exhiben los fundamentos teóricos que del PDS y de la DS, se extraen para formalizar y guiar su uso en educación y en la construcción de aprendizajes en la escuela. Posteriormente, se muestran conceptos propios de la educación y de las implicaciones de la evaluación en un verdadero proceso de aprendizaje autónomo y reflexivo. Se presentan los conceptos de experiencia y experimento, y se finaliza con las definiciones de evaluación de software, como elemento imprescindible de un ambiente informático para fines educativos.

2.2 CONOCIMIENTO

(TAMAYO, 2007). El conocer es una actividad mediante la cual el hombre adquiere certeza de la realidad y se manifiesta como un conjunto de representaciones con certeza de verdad.

El conocimiento es la relación entre un elemento cognoscente –sujeto- y otro conocido –objeto-. La relación implica al sujeto aprehender el objeto, y al objeto ser aprehendido por el sujeto, en donde el sujeto es quien determina la relación y la manera en que se da, generándose dos tipos de conocimiento: el vulgar y el científico.

El conocimiento científico permite ver lo que con el conocimiento vulgar no es posible o perceptible de la realidad, en una dinámica en la que en la medida en que el hombre de ciencia da sentido y presenta explicaciones de la realidad, logra cambiar el conocimiento que se tiene de ella y de igual manera hace que cambie la realidad misma.

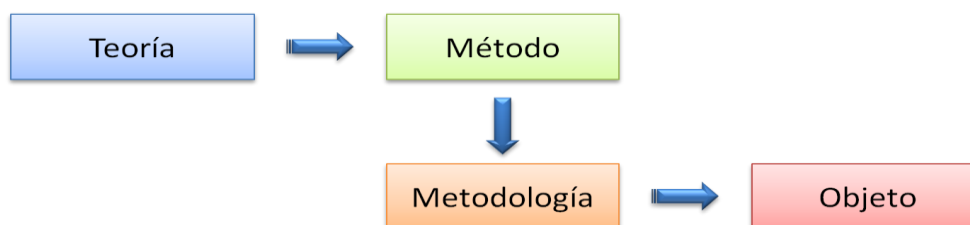
2.3 CIENCIA

No es posible hacer planteamientos científicos a espaldas de la ciencia, ya que partiendo de la realidad, mediante la investigación -observación científica- se logra llegar a la ciencia (TAMAYO, 2007).

En este proceso, para el ejercicio investigativo se contemplan los siguientes elementos y relaciones: teoría, método, metodología y objeto

Figura 2.

Figura 2: Relación Teoría - Método - Metodología – Objeto



Fuente: El Autor

La *Teoría* suministra la lógica del pensamiento científico, que mediante un orden epistemológico llamado *Método* y su instrumentalización –*Metodología*–, es posible mediante la observación abordar la realidad representada en el *Objeto*.

Según (SEVILLANO, CRESPO, & SEVILLANO, 2007), la *Ciencia* constituye una práctica en la que se sustituyen constantemente las representaciones que se tienen del mundo, es decir se reconfiguran los modelos mentales.

Nuestros modelos parten siempre de una visión relacionada con la cotidianidad, espontánea y condicionada por la cultura, pero en la medida en que se toma cierta distancia de esa vida cotidiana, se empiezan a construir otros modelos de tipo conceptual –Sistemas Teóricos– que organizan nuestra percepción del mundo.

Los modelos científicos se pueden ver no como una representación del mundo, sino como una representación de nuestro campo de acción posible en el mundo.

Los modelos científicos se hacen *objetivos* cuando sabemos servirnos de ellos, es decir tiene la posibilidad de servir como *objetos* para una comunidad científica que sabe cómo usarlos.

2.4 OBJETIVIDAD EN LA CIENCIA

Es indispensable identificar una interpretación a la objetividad en la ciencia que pueda ser asumida de manera coherente con el marco conceptual del presente trabajo.

De esta manera se presentan ideas de varios autores, que se hacen comunes en su esencia epistemológica y que en conjunto configuran una propuesta de definición al concepto de objetividad.

Para (FOUREZ, 2000) el problema de interpretar la objetividad en el sentido de ver las cosas tal y como son, requeriría de una apreciación absoluta, sin posibilidad de relación con otra cosa. Pero para hablar de un objeto se requiere de un lenguaje –realidad cultural- para poder explicárselo a otros, es decir se requiere de un conjunto de elementos de lenguaje, comunes y convencionales para que pueda ser entendido por los demás. *“Los objetos son objetos en virtud de su carácter institucional, lo que quiere decir que son objetos en virtud de las convenciones culturales de lenguaje...”* Para hablar de los objetos es necesario establecer una relación de equivalencia y acuerdos.

La objetividad entendida así no es absoluta, sino relativa a una cultura, y el mundo se convierte en objetos en las comunicaciones culturales.

Los objetos no existen por sí mismos de manera individual e independiente de todo contexto cultural, son objetos gracias a una manera común de verlos y describirlos. No es posible describir el mundo desde la subjetividad de una persona, sino que debe integrarse a algo más amplio, una institución social, es decir una visión organizada y admitida comunitariamente.

Se puede decir que la observación no depende sólo de un enunciado, sino de una actividad del sujeto. La palabra *“Sujeto”* designa el conjunto de actividades estructurantes necesarias para la observación, y como observar es construir y

estructurar, se puede decir que la observación es actividad del sujeto o “subjetiva”, pero en un marco imprescindible de reglas sociales y culturales.

En este sentido, se concibe la observación como una actividad estructurante del sujeto y mediada por una cultura compartida, en donde el carácter *objetivo* de la observación viene directamente de las convenciones sociales transmitidas por las actividades del *sujeto*.

“La objetividad de las ciencias de la naturaleza y de las ciencias sociales no se basa en el espíritu de imparcialidad que se puede encontrar en los hombres de ciencia, sino, sencillamente, en el carácter público y competitivo de la empresa ciencia” (POPPER, 1982) Citado por (FOUREZ, 2000).

Ramsés Fuenmayor afirma que *“...en las ciencias humanas interpretativas, una obra es objetiva en la medida en que los contextos interpretativos y sus correspondientes interpretaciones se hagan explícitos. Cuando se trata del estudio del sentido subjetivo de la acción social el único modo de imprimirle objetividad a la obra es la exposición de diversos y contrastantes contextos interpretativos que dan sentido a la variedad interpretativa en la que por su propia naturaleza, la acción social se encuentra inmersa, esto no es otra cosa que la objetividad de lo subjetivo” (FUENMAYOR, 2001).*

Finalmente, en el campo específico del PPDS se incluyen supuestos ontológicos y epistemológicos que asumen y definen la objetividad en un sentido íntimamente relacionado con las ideas expuestas anteriormente.

Un afán holístico ha caracterizado al Pensamiento Sistémico desde sus orígenes, que ha brindado un referente de unidad entre la diversidad interpretativa develada en la historia. Dicha característica holística ha marcado una trayectoria que puede ser entendida como integradora desde una perspectiva optimista, en donde varias concepciones se sostienen de manera convergente.

En esta homogeneidad de ideas es posible leer la necesidad dentro del PDS de entender y reconocer la relación del observador con la realidad o fenómeno de estudio y de la concepción de objetividad que subyace con este nuevo paradigma científico.

2.5 OBSERVACIÓN

Desde un enfoque metodológico, técnico e instrumental, se puede entender la observación como un procedimiento para la recogida de datos, mediante un proceso deliberado y sistemático que ha de estar orientado por el propósito general de una investigación. *“Implica advertir hechos como se presentan, y registrarlos siguiendo algún procedimiento físico o mecánico.”* (SEVILLANO, CRESPO, & SEVILLANO, 2007). La observación en un contexto real se hará en el marco de una estrategia de investigación con múltiples métodos, donde se combinan enfoques cualitativos y cuantitativos. (VALLÉS, 2003) *citado por* (SEVILLANO, CRESPO, & SEVILLANO, 2007).

Durante la observación se busca la comprobación de leyes o modelos teóricos, utilizando los modelos que van unidos a ellas. Las leyes o modelo teóricos son ideas preconcebidas o representaciones con cierta coherencia que nos permiten interpretar el mundo, de acuerdo al contexto y a los proyectos que se tengan.

2.6 OBSERVACIÓN CIENTÍFICA

Aunque la observación científica no desconoce la importancia de la instrumentalización y del registro adecuado de los hechos observados, enfoca su conceptualización en su esencia epistemológica. La observación científica debe ser fiel a la realidad y de una observación solo se puede informar lo que existe. Observar es estructurar un modelo teórico, es decir, cuando se observa algo se debe describirlo y esa descripción se apoya en una serie de nociones que ya se tenían antes -representación teórica, generalmente implícita-.

Una observación es una interpretación, en la que se integra determinada visión con la representación teórica que nos hacemos de la realidad. En este sentido conocer el mundo es interactuar con él y la interpretación es un fenómeno lingüístico y de tipo social, que requiere de un contexto y debe estar ligado a proyectos o necesidades de las personas.

La observación no es pasiva, con la observación se estructura lo que se quiere observar mediante el uso de nociones definidas por un constructo lingüístico y cultural. Cuando se cumple la afirmación anterior, se dice que se observan *hechos* (FOUREZ, 2000).

Por consiguiente, los científicos no son individuos que observan el mundo a partir de cero, son parte de un universo cultural y lingüístico en los que se insertan sus proyectos individuales y colectivos (PRIGOGINE & STENGERS, 1979) *citado por* (FOUREZ, 2000).

2.7 EXPLICACIÓN CIENTÍFICA

“Explicaciones científicas y explicaciones en general: Toda explicación consiste en la proposición de un mecanismo generativo, o proceso tal que si le deja operar, da como resultado o consecuencia la experiencia a explicar en el ámbito del observador. En el caso de las explicaciones científicas, el mecanismo generativo se presenta con cuatro (4) condiciones a satisfacer de manera coherente. Estas cuatro condiciones constituyen el criterio de validación de las explicaciones científicas.

Ellas son:

- 1. Descripción de la experiencia a explicar, en términos de lo que un observador debe hacer para tenerla.*
- 2. Proposición de un mecanismo generativo o proceso generativo, que si se deja operar, da por resultado la experiencia del observador.*
- 3. Deducción a partir de todas las coherencias experienciales implícitas en el punto 2, de otras experiencias posibles y de lo que el observador debe hacer para tenerlas.*
- 4. Realización de lo deducido en el punto 3 y si pasa, entonces el punto 2 es una explicación científica; si no pasa lo deducido en el punto 3, entonces el punto 2 no es una explicación científica.*

Si estas cuatro condiciones se satisfacen de manera coherente, el punto 2 pasa a ser una explicación científica.

Las Explicaciones científicas son fluidas porque su validez depende la satisfacción del criterio de validación de las explicaciones científicas. Una explicación aceptada como científica, deja de ser aceptable como tal cuando se deduce alguna experiencia adicional que no se satisface de la manera esperada en el punto 4.

Es científico quien dedica su pasión al explicar usando el criterio de validación de las explicaciones científicas. Las explicaciones científicas, no explican un mundo independiente del observador; explican el vivir experiencial del observador.

La ciencia, por lo tanto, es generadora de mundos que surgen al usar las explicaciones científicas aceptadas como fundamentos para nuevas preguntas y nuevas explicaciones” (MATURANA & NISIS, 2002).

2.8 INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

A continuación se presentan algunas definiciones que aproximan el concepto de Investigación Científica:

“La investigación es un proceso que, mediante la aplicación del método científico, procuran obtener información relevante y fidedigna, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento” (TAMAYO, 2007).

“[...] es un procedimiento reflexivo, sistemático, controlado y crítico, que permite descubrir nuevos hechos o datos, relaciones o leyes, en cualquier campo del conocimiento humano”. (ANDER EGG, 1971) citado por (TAMAYO, 2007).

“[...] la investigación puede ser definida como una serie de pasos para resolver problemas cuyas soluciones necesitan ser obtenidos a través de una serie de operaciones lógicas, tomando como punto de partida datos objetivos”. (ÁRIAS GALICIA, 1971) citado por (TAMAYO, 2007).

La investigación científica es rigurosa, organizada, sistemática, empírica, crítica y se lleva a cabo cuidadosamente. Que sea *sistemática* implica que hay una disciplina para realizar la investigación científica y que no se dejan los hechos a la casualidad. Que sea *empírica* denota que se recolectan y analizan datos. Que sea *crítica* quiere decir que se evalúa y mejora de manera constante. Puede ser más o menos controlada, más o

menos flexible o abierta, más o menos estructurada (SAMPIERI, FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2006).

Para el problema de estudio del presente trabajo, se destaca la idea de investigación científica presentada por Mario Tamayo, en la que se asume la Investigación Científica como un método de pensamiento crítico, que requiere la definición y redefinición de situaciones problemáticas, formulación de hipótesis, recopilación, organización y valoración de datos, formulación de deducciones y presentación de informes a la comunidad.

2.8.1 EL MÉTODO CIENTÍFICO

El método científico se presenta como el método general para guiar la investigación científica que estudia objetos de la realidad y que permite generar conocimiento.

“Aunque cada ciencia plantea y requiere de un método especial, según la naturaleza de los hechos estudiados, los pasos a seguir deben estar regulados por el método científico” (FOUREZ, 2000).

En (ARACIL J. , Máquinas, sistemas y modelos, 1986) se encuentra la siguiente acepción al método científico: *“La pura verdad es que en el mundo pasan en todo instante, y, por tanto, ahora, infinidad de cosas. La pretensión de decir qué es lo que pasa en el mundo ha de entenderse, pues, como ironizándose a sí misma. Mas por lo mismo que es imposible conocer directamente la plenitud de lo real, no tenemos más remedio que construir arbitrariamente una realidad, suponer que las cosas son de una cierta manera. Esto nos proporciona un esquema, es decir, un concepto o enrejado de conceptos. Con él, como a través de una cuadrícula miramos luego la efectiva realidad, y entonces, sólo entonces, conseguiremos una visión aproximada de ella. En esto consiste el método científico¹.*

(PARDINAS, 1969) citado por (TAMAYO, 2007) dice que el método científico es la sucesión de pasos que se deben seguir para descubrir conocimiento, es decir para confirmar o refutar hipótesis.

¹ José Ortega y Gasset, La rebelión de las masas.

Para (COHEN & NAGEL, 1973) *citado por* (TAMAYO, 2007) el método científico es la aplicación persistente de la lógica para poner a prueba las impresiones, opiniones o conjeturas creadas por las personas, basándose en evidencias disponibles.

(GOODE & HATT, 1970) *citado por* (TAMAYO, 2007) presentan los *conceptos* y las *hipótesis* como los elementos fundamentales del método científico, pues se requiere de un marco conceptual que suministre términos para comunicar los hallazgos y de una hipótesis que oriente la búsqueda.

Los conceptos son construcciones lógicas y abstractas creadas a través de las impresiones de los sentidos y experiencias, usados para afirmar hechos que describen un fenómeno.

A partir del análisis lógico de una teoría, se pueden formular hipótesis que guíen la búsqueda de hechos. En este sentido, una hipótesis es una proposición a manera de pregunta que puede ser afirmada o refutada, mediante pruebas empíricas.

Según (VANDALEN & W., 1989) *citado por* (TAMAYO, 2007) el método científico requiere del pensamiento reflexivo, el cual se da en las siguientes etapas:

1. Percepción de una situación problemática.
2. Observaciones que permitan identificar y definir con mayor claridad la situación problemática.
3. Formulación de hipótesis.
4. Deducción de las consecuencias que trae la confirmación de cada hipótesis.
5. Mediante la acción, se pone a prueba cada una de las hipótesis, buscando hechos observables que permitan confirmar las consecuencias esperadas, validando así la concordancia entre los hechos observables y las hipótesis.

Para (ANDER & EZEQUIEL, 1971) *citado por* (TAMAYO, 2007) el método científico se caracteriza por:

- ✓ Ser fáctico, es decir tiene una referencia empírica, se apoya en los hechos.
- ✓ Trascender los hechos, es decir se expresa la realidad para ir más allá de las simples apariencias.

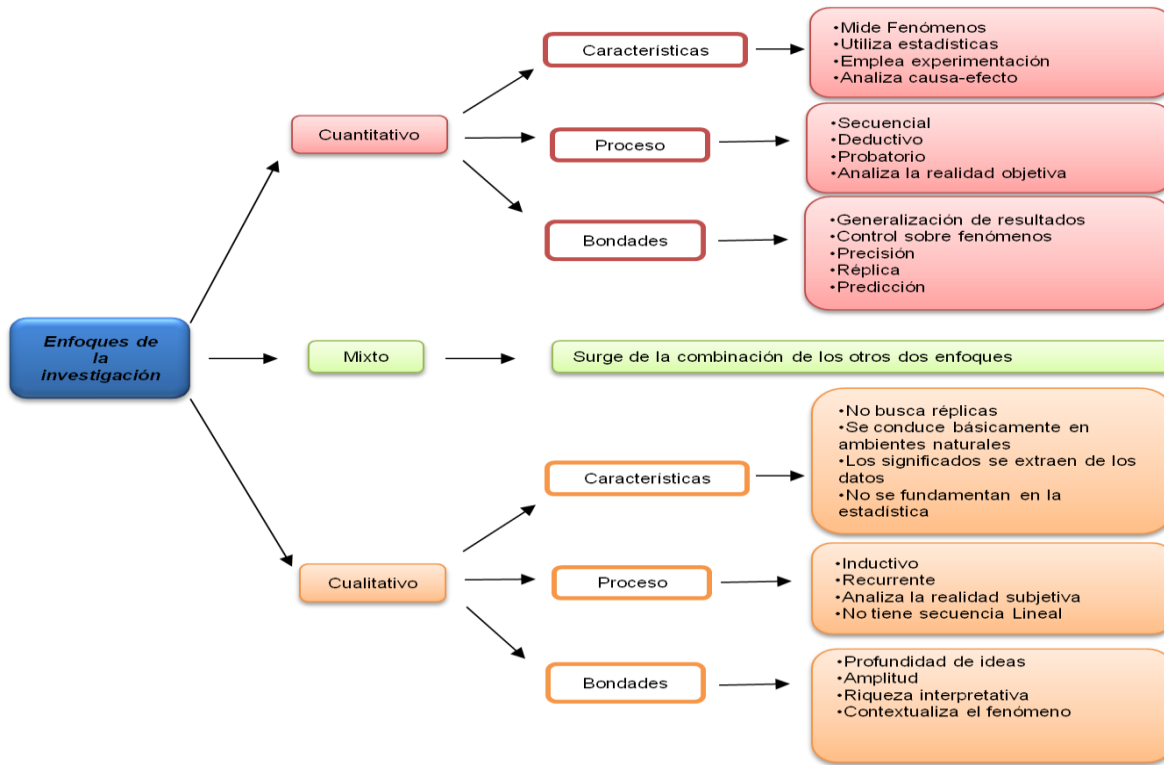
- ✓ Usar la verificación empírica para formular soluciones a las situaciones problemáticas abordadas y para dar afirmaciones.

2.8.2 FORMAS Y TIPOS DE INVESTIGACIÓN

En la literatura se presentan múltiples opciones de caracterización para las formas o tipos de investigación.

(SAMPIERI, FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2006) afirman que la investigación científica puede cumplir dos propósitos fundamentales: *a)* producir conocimientos y teorías (investigación básica) y *b)* resolver problemas prácticos (investigación aplicada). La investigación se concibe como un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno: es dinámica, cambiante y evolutiva. Se puede manifestar de tres formas o enfoques: cuantitativa, cualitativa y mixta, como lo muestra la *Figura 3*.

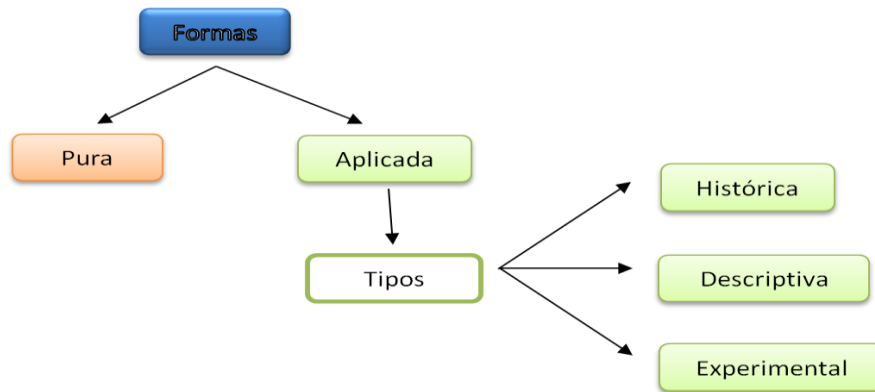
Figura 3: Enfoques de Investigación



Fuente: (SAMPIERI, FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2006)

(TAMAYO, 2007) por su parte, presenta la siguiente clasificación de la investigación científica:

Figura 4: Formas y Tipos de Investigación



Fuente: (TAMAYO, 2007)

La *investigación pura*, básica o fundamental, se realiza en un contexto teórico y su objetivo es el desarrollo de teorías, mediante el descubrimiento de generalizaciones o principios.

La *investigación aplicada*, activa o dinámica, pretende confrontar la teoría con la realidad, estudiando problemas concretos, en circunstancias y características concretas.

· Tipos de investigación aplicada

(TAMAYO, 2007) Aunque en la realidad los estudios investigativos usan combinaciones, tradicionalmente se presentan los siguientes tres tipos de investigación:

- ✓ Histórica.
- ✓ Descriptiva.
- ✓ Experimental.

a. Investigación Histórica.

Busca de manera crítica la verdad que sustenta los acontecimientos del pasado. Se puede aplicar a la historia, a las ciencias de la naturaleza, el derecho, la medicina o cualquier otra disciplina científica.

Contempla las siguientes etapas:

- ✓ Enunciado del problema.
- ✓ Recolección de datos.
- ✓ Crítica de datos y fuente.
- ✓ Formulación de hipótesis.
- ✓ Interpretación e informes.

b. Investigación Descriptiva.

Comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza, y la composición o procesos de los fenómenos. Trabaja sobre realidades de hecho, buscando brindar interpretaciones correctas.

Presenta las siguientes etapas:

- ✓ Descripción del problema.
- ✓ Definición y formulación de hipótesis.
- ✓ Marco teórico.
- ✓ Selección de técnicas de recolección de datos.
- ✓ Categorías de datos.
- ✓ Verificación de validez de instrumentos.
- ✓ Descripción, análisis e interpretación de datos.

c. Investigación Experimental.

Requiere la creación de una situación controlada, en la cual el investigador manipula determinadas variables para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas.

Se identifica las siguientes etapas:

- ✓ Definición del problema.
- ✓ Definición de hipótesis y variables.
- ✓ Diseño del plan experimental.
 - Diseño de investigación.
 - Determinación de la población y muestra.
 - Selección de instrumentos de medición.
 - Elaboración de instrumentos y procedimientos para la obtención de datos.
- ✓ Prueba de confiabilidad de datos.
- ✓ Realización de experimentos.
- ✓ Tratamiento de datos.

Existen los siguientes tipos de diseño:

- ✓ Pre experimentos.
- ✓ Experimentos.
- ✓ Cuasi experimentos.

d. Otros tipos de investigación

Los siguientes tipos de investigación no se encuentran incluidos en las tres categorías anteriores:

- ✓ Investigación Correlacional.
- ✓ Estudio de caso.
- ✓ Investigación Ex Post Facto sobre hechos cumplidos.
- ✓ Investigación Comparada.
- ✓ Investigación de Mercados.
- ✓ Investigación Evaluativa.
- ✓ Investigación Cualitativa.
 - Fenomenológicos.
 - Etnográficos.
 - Naturalísticos.
 - Constructivistas.

- Holísticos.
- Hermenéuticos.
- Investigación de Acción Participativa.
- Interacción simbólica.
- Inducción particularista.

2.8.3 TRIANGULACIÓN DE DATOS

En la investigación es necesaria la recopilación de datos tomando diferentes fuentes y con variadas técnicas e instrumentos de medición. Posteriormente se hace un contraste de resultados mediante *la triangulación de datos* que permita apreciar homogeneidad y concordancia generalizada en las apreciaciones y conclusiones.

(SEVILLANO, CRESPO, & SEVILLANO, 2007) identifican los siguientes tipos de triangulación de datos:

1. Triangulación metodológica, conjugación de datos de naturaleza cuantitativa y cualitativa.
2. Triangulación de momentos, reuniendo datos relativos a procesos relacionados con el tiempo de grupos distintos en un período determinado.
3. Triangulación de informantes y sujetos, implica conocer y contrastar los múltiples puntos de vista que se conjugan en una misma circunstancia.

2.9 PARADIGMA

“Un paradigma es una estructura conceptual, de creencias metodológicas y teóricas entrelazadas que abre el campo de visión de una comunidad científica específica, a la vez que la constituye como tal”. Se puede entender como la forma en que una comunidad ve, explica y se relaciona con el mundo con el mundo (ANDRADE et al, 2001, pág. 46).

2.10 PARADIGMA DE PENSAMIENTO DINÁMICO SISTÉMICO

(ANDRADE et al, 2001). Los autores en su libro *Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de Unidad*, hacen una presentación de conceptos y reflexiones que permiten ubicar históricamente el surgimiento de posturas de pensamiento que han ido configurando el PPDS y sus portes a la ciencia.

A continuación se extraen las principales ideas que dan acercamiento al concepto de PPDS o más concretamente de PDS.

Existe una gran variedad de acepciones al concepto de PDS que pueden confundir a los lectores, sin embargo se plantea la siguiente definición de manera rápida: “*El pensamiento sistémico es un pensamiento impulsado por un afán holista², es decir, una búsqueda de unidad en la diversidad*”.

Para tener una visión más amplia acerca del término en cuestión, es necesario comprender los diferentes momentos o etapas evolutivas del PDS en la historia y así pensar en una posible unidad de ideas. Se hace una ilustración metafórica de tipo geológico, identificándose tres olas sísmicas o movimiento tectónicos fundamentales en la ciencia que constituyeron el escenario propicio para el surgimiento del PDS.

En la primera ola, el PDS asume el *Paradigma Cibernético* en el cual se adopta la metáfora orgánica de Von Bertalanffy. Aquí se ve el mundo como un sistema orgánico, que requiere una coordinación armónica entre las partes que lo conforman generando así el bien para el todo que los contiene y dando lugar a propiedades *emergentes*³. Se exhibe un comportamiento *teleológico* –guiado por un fin-, que se manifiesta en sus procesos de adaptación a las condiciones cambiantes en un medio ambiente.

² Holista hace referencia a la palabra griega Holón que significa unidad, todo, totalidad.

³ Una propiedad emergente de un organismos, es aquella que ninguna de sus partes de manera individual posee, pero que como conjunto relacionado entre sí, esas partes dan lugar a dicha propiedad, es decir el todo es más que la suma de sus partes.

La segunda ola se caracteriza por la incorporación del *Paradigma Cibernético de Segundo Orden*, en el cual las propiedades emergentes de los sistemas pasan a estar relacionadas con el punto de vista del observador. En esta idea perspectivista, el mundo es visto como *un sistema que pasa a ser una especie de constructo (construcción conceptual) cuyas fronteras son definidas por el observador y con el cual ordena una parte de la realidad (precisamente desde el punto de mira que el constructo-sistema le suministra)*; en otras palabras el observador y lo observado se constituyen mutuamente (autopoiesis).

En la tercera ola se da lugar al *Paradigma Holístico-Fenomenológico*, en el cual se asume que las cosas son, los sistemas son, pero son con nosotros, es decir no podemos hablar de las cosas sin nosotros. *La cosas se presentan como distinciones en un fondo (el diario vivir, el mundo), con el cual forman una unidad.*

Así *lo que es* va precedido de un evento fundador, se da siempre en un “fondo”, en un “abierto”, en un “escenario”, y es flujo continuo, es un continuo siendo.

De esta manera, se exhiben múltiples opciones de interpretación del *Paradigma Dinámico Sistémico*, que desde una postura optimista pueden dar luz a la posibilidad de integrar esta diversidad de ideas y experiencias en la historia.

2.11 SISTEMA

Aunque en la metáfora geológica del PDS se develan definiciones para un sistema, se presenta la siguiente acepción de manera complementaria: *“Un sistema se percibe como algo que posee una entidad que lo distingue de su entorno, aunque mantiene interacción con él”* (ARACIL & GORDILLO, 1997). Un sistema puede ser entendido como una manifestación de la realidad a manera de objeto, conformado por un conjunto de partes que establecen relaciones entre sí para conformar una unidad. La interacción de las partes, dota al sistema de cierta complejidad.

2.12 DINÁMICA DE SISTEMAS

La DS puede ser entendida como un lenguaje para el modelado y la simulación de tipo matemático, que permite abordar el modelado como el ejercicio de construcción de una explicación científica. La DS es una tecnología informática de enfoque estructural que permite la construcción de modelos para intentar responder preguntas relacionadas con el devenir (dinámica) de un fenómeno en estudio.

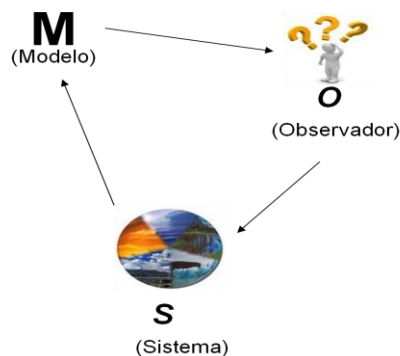
2.13 MODELO

En el proceso de construcción y estructuración propio de la observación, se genera una relación de elementos que permite al sujeto estudiar el objeto y analizar particularidades de su naturaleza. Esta relación es ilustrada mediante un Modelo.

Según Javier Aracil, “Los modelos son sistemas artificiales que permiten estudiar aquellos otros sistemas naturales o técnicos cuyo comportamiento presenta aspectos enigmáticos”. En donde los sistemas artificiales y naturales deben presentar el mismo comportamiento y la misma estructura (ARACIL J. , 1966).

“El modelo es un objeto que representa otro. Para un observador O un objeto M es un modelo de un objeto S (sistema), si O se puede servir de M para responder a cuestiones que le importan con relación a S. Es decir M es un instrumento que ayuda a O a responder preguntas acerca de un aspecto de la realidad al que convenimos considerar un sistema concreto S.” Figura 5. (ARACIL & GORDILLO, 1997)

Figura 5: Concepto de modelo.



Fuente: El Autor

2.14 MODELADO Y SIMULACIÓN EN DINÁMICA DE SISTEMAS

Desde el ejercicio de modelado y simulación, se afirma que el individuo construye un modelo –abstracción de una porción de la realidad- y en el proceso de simulación se experimenta con dicho modelo para intentar entender la realidad estudiada.

Bajo el PPDS, la realidad es un conjunto de complejidades en permanente cambio; cuando el hombre intenta entender las complejidades que quiere estudiar, las representa como sistemas.

Entre los diferentes tipos de modelos (físicos, matemáticos, numéricos, analógicos, conceptuales, entre otros), para el modelado con DS es de interés el estudio de los modelos matemáticos.

Según (ANDRADE & NAVAS, 2002) el modelamiento matemático está orientado por dos enfoques fundamentales. El enfoque Conductista que intenta describir y explicar el comportamiento en función del comportamiento mismo, y el enfoque Estructuralista, el cual asume una postura sistémica para describir y explicar el comportamiento de la realidad en función de la estructura de relaciones causales que conforman el sistema-modelo.

En particular, el proceso de simulación con DS proporciona el conjunto de valores de las variables en cada instante; esto es posible porque el modelo matemático-estructural involucra los elementos (variable y parámetros) fundamentales del fenómeno y las interacciones entre ellos. A su vez, las interacciones y las leyes que las rigen permiten determinar la variabilidad de cada variable en función de las demás, de los parámetros, del instante y de las condiciones iniciales. Luego es posible observar los efectos de los ciclos de realimentación⁴, base del comportamiento dinámico del fenómeno.

⁴ Cadenas cerradas de interacción entre dos o más elementos de un sistema.

2.15 APRENDIZAJE MEDIANTE EL MODELADO Y LA SIMULACIÓN CON DINÁMICA DE SISTEMAS

En general, el aprendizaje puede ser entendido como un proceso en el cual se adquieren conocimientos, destrezas, habilidades o conductas, como resultado de experiencias, observaciones, instrucciones o razonamientos, en el que juega un papel fundamental la educación.

En el marco de procesos formativos con DS, se relacionan diversos conceptos que permiten clarificar la idea de aprendizaje entre las diversas posibilidades de interpretación. El aprendizaje aquí es entendido como un proceso conducente a formalizar los modelos mentales que adquieren las personas con el simple hecho de vivir en el mundo.

Los *modelos mentales* son los puntos de vista o ideas que el individuo tiene sobre la realidad, las cuales permanecen implícitas en condiciones naturales de aprendizajes.

Un *modelo formal* es la explicación e interpretación de los fenómenos mediante postulados estructurados (modelos mentales conscientes) en un todo definido claramente y compartido por una comunidad.

· Proceso de aprendizaje

El proceso de aprendizaje formal es un sistema dinámico que integra el *aprendizaje natural* que se da actuando sobre la realidad misma, y el *aprendizaje artificial* que se desarrolla sobre una realidad virtual.

En este sentido, el **aprendizaje natural** es el proceso de transformación de los modelos mentales, que a su vez le orientan al individuo la comprensión y uso apropiado de los modelos formales, que se dan al interactuar con la realidad natural.

En la *Figura 6*, se ilustra la dinámica de aprendizaje natural mediante dos ciclos de realimentación. En el ciclo 1 (*Mundo real → Información de realimentación → decisiones → Mundo real*) se explica el aprendizaje natural, superficial e inconsciente, de prueba y error, sin develar el modelo mental que posee sobre el mundo real. En el ciclo 2 (*Mundo real → Información de realimentación → Modelos mentales sobre el*

mundo real → *decisiones* → *Mundo real*) se describe la dinámica de aprendizaje natural, profundo y consciente; los modelos mentales son explícitos y se van construyendo y reconstruyendo en el proceso de aprendizaje.

Figura 6: Ciclos de aprendizaje "Natural"



Fuente: (ANDRADE & NAVAS, 2002)

El **aprendizaje artificial** sigue siendo tan real como el natural, y se logra interactuando sobre una realidad virtual (artificial), como se muestra en la *Figura 7*.

Figura 7: Ciclos de aprendizaje "Artificial"



Fuente: (ANDRADE & NAVAS, 2002)

2.16 EDUCACIÓN

“La educación es una práctica social fruto del desarrollo cultural del ser humano, en la cual se institucionaliza la formación” (ROA, 1998, págs. 114-126).

Rafael Ávila afirma que la educación es un conjunto de prácticas e instituciones que se han organizado lentamente en el decurso del tiempo, como respuesta a necesidades sociales diferentes, solidarias de condiciones de tiempo y lugar bien concretos, conduciendo a la formación de tipos diferentes de hombres (ÁVILA, 1994).

“La educación es un proceso de formación permanente, personal, cultural y social que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos y de sus deberes” (Ley General de Educación, 115-1994)⁵.

2.17 FORMACIÓN

“Formación puede entenderse como un conjunto de prácticas culturales, sociales o económicas que expresan los decursos de la sociedad, una moral, las prácticas de poder y cuyo espacio son las profesiones y sus tecnologías de saber”. “...El concepto de formación tiene lugar en la transmisión de saberes de las ciencias, en las prácticas sociales y las funciones que ha de cumplir un sujeto en la vida activa. La formación aparece estrechamente vinculada con las prácticas de los saberes profesionales y con el desarrollo personal de los individuos. A la par, ella expresa un modo de ser de la sociedad y una práctica del hacer” (ZAMBRANO, 2005, pág. 205).

La auténtica formación no es un “*dar forma*” a alguien desde el exterior, es un proceso de desarrollo y exteriorización, en el cual el individuo adquiere identidad personal, comunitaria y social (ROA, 1998, pág. 3)

“La formación comprende el conjunto de prácticas, reflexionadas o no, institucionales o no, a través de las cuales se pretende la configuración de las nuevas generaciones para la super-vivencia y con-vivencia en un sistema social dado” (VASCO, 1990).

⁵ http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf

2.18 PEDAGOGÍA

La pedagogía se configura epistemológicamente como una disciplina que orienta en las prácticas educativas la reflexión, investigación y producción de nuevas y transformadoras prácticas, sustentadas por conocimientos y principios teóricos resultantes del mismo proceso (ROA, 1998, pág. 4).

2.19 DIDÁCTICA

Para intentar conceptualizar y distinguir la didáctica de otras disciplinas, se toman algunas reflexiones expuestas por los profesores Juliana Jaramillo Pabón y Mauricio Pérez Abril⁶ en el seminario de profundización de la Maestría en educación de la Pontificia Universidad Javeriana.

Aunque la demarcación de la didáctica y diferenciación de otras disciplinas se presentan algunas definiciones que puede aportar a la conceptualización. Camilloni afirma que la controversia en la *didáctica* está en que no hay consenso en asumirla como una teoría de la enseñanza (*tradición europea*), una psicología de la educación (*tradición norteamericana*) o un saber que debe ser reemplazado por sus objetos de estudio (*por ejemplo el currículo*) (DE CAMILLONI, Corrientes didácticas contemporáneas, 1998).

Se presentan las siguientes aproximaciones conceptuales contemporáneas a la Didáctica:

Alicia De Camilloni (2004) “...es una disciplina teórica que se ocupa de estudiar la acción pedagógica, es decir, las prácticas de la enseñanza, y que tiene como misión describirlas, explicarlas y fundamentar y enunciar normas para la mejor resolución de los problemas que estas prácticas plantean a los profesores...”

Edith Litwin (2004) “... teoría acerca de las prácticas de la enseñanza significadas en los contextos socio-históricos en los que se inscriben...”

⁶ Docentes Investigadores. Facultad de Educación. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. Colombia. E-mail: jjaramil@javeriana.edu.co, perez-r@javeriana.edu.co

Ángel Díaz Barriga (1998) “...es una disciplina: Teórica, histórica y política. Teórica porque responde a concepciones amplias de la educación. Histórica porque sus propuestas son resultados de momentos históricos específicos. Política porque su propuesta se engarza a un proyecto social...”

2.20 EVALUACIÓN

La concepción de evaluación que se hace coherente con los lineamientos que se proponen en este trabajo, considera las siguientes ideas:

- La evaluación debe estar en el mismo orden de las innovaciones que se implementan en la actualidad en las aulas de clase.
- La evaluación debe ser una estrategia más de aprendizaje y no sólo limitarse a la supervisión y control de la actividad por parte del docente. “*Inicialmente a la evaluación no se le dio mayor importancia y fue planteada como un tema de supervisión docente y su objetivo era el de controlar la actividad realizada con estudiantes*” (DE CAMILLONI, CELMAN, & LITWIN, 1998).
- Tres aspectos claves caracterizan los actuales planteamientos de la evaluación de los aprendizajes (BORDAS & CABRERA, 2001):
 - *La evaluación desde las teorías del aprendizaje.* La evaluación no puede ser un tema periférico, ha de ser parte del contenido curricular del aprendizaje.
 - *La necesidad de evaluaciones metacognitivas⁷ para el desarrollo de la capacidad de “Aprender a aprender”.* La evaluación debe promover habilidades metacognitivas que permita a los estudiantes tomar conciencia de su propio proceso de aprendizaje, de sus avances, barreras y del efecto positivo o negativo de sus acciones.
 - *La necesidad de evaluación en una sociedad en cambio permanente.* La evaluación debe dar al estudiante herramientas que le permitan autoevaluarse continuamente y así pueda adaptarse a la sociedad

⁷ La Metacognición es aquella habilidad de la persona que le permite tomar conciencia de su propio proceso de pensamiento, examinarlo y contrastarlo con el de otros, realizar autoevaluaciones y autorregulaciones (BORDAS & CABRERA, 2001).

cambiante en la que se encuentra, sociedad de la información, de los avances científicos y técnicos acelerados, y de profundo cambios profesionales y sociales.

- La evaluación no es un acto final, es un elemento imbricado que genera ciclos de realimentación en el proceso de aprendizaje que permiten la reflexión y la reevaluación en el mismo hacer.

2.21 EXPERIMENTO

Los primeros experimentos en el mundo científico, fueron concebidos gracias al trabajo de Galileo y Bacon. Inicialmente se diseñaron experimentos para el estudio de la física y sus leyes fundamentales y posteriormente para el estudio de la materia muerta en química. En siglo XIX la biología con Mendel y Pasteur, incursionó en el campo experimental y en el siglo posterior lo hizo la psicología estudiando animales y luego personas (MOXNES & ARANGO, 2008).

La literatura permite identificar al menos dos tipos o categorías de los experimentos que se realizan en investigación. En la primera categoría se encuentran los *Experimentos Controlados* realizados en el marco de estudios “*duros*”, especialmente en ingeniería, en donde es necesario simular o crear un escenario artificial que le dé al experimentador el control de las variables y pueda manipularlas según su necesidad de observación.

En el segundo grupo se encuentran los *Experimentos que se realizan en escenario natural*, pues en el fenómeno observado las variables no pueden ser aisladas de su ambiente real por las características emergentes que surgen de la interacción entre ellas y por efecto de variables externas, que caracterizan y son fundamentales en el desarrollo del fenómeno. Estos experimentos se realizan en estudios de tipo social y se evidencian en investigaciones para educación.

2.21.1 EXPERIMENTOS CONTROLADOS

En investigación es común la concepción de *experimento* como una acción en la cual se observa lo que sucede después (BABBIE, 2001) *citado por* (SAMPIERI, FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2006). De esta manera, durante los experimentos se interviene en un fenómeno para aplicar un estímulo o manipular cierto tratamiento y así observar, registrar, cuantificar, cualificar y analizar los efectos sobre los sujetos participantes.

(CRESWELL, 2005) *citado por* (SAMPIERI, FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2006) define a los experimentos como intervenciones, en las cuales el investigador genera una situación particular para intentar explicar los efectos que se tienen sobre los participantes.

En los fenómenos reales se generan múltiples interacciones entre innumerables variables, que dotan de incertidumbre su proceso natural; por esta razón la dificultad que se tiene para el tratamiento multivariado en experimentación, condujo a la creación de experimentos en los cuales se crea un escenario artificial similar al real para estudiar elementos del fenómeno a manera de laboratorios controlados. De esta manera, hay mayor control de las variables y es posible mitigar el efecto “*ruido*” de elementos externos que no permiten una observación clara del efecto que tienen las variables independientes de estudio sobre las dependientes.

Así, el experimento se entiende como el estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuencias), dentro de una situación de control para el investigador. La variable independiente resulta de interés para el investigador, ya que hipotéticamente será una de las causas que producen el efecto supuesto (CHRISTENSEN, 2000) *citado por* (SAMPIERI, FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2006).

En el área de la investigación con DS, (MOXNES & ARANGO, 2008), presentan lineamientos para el diseño de experimentos de laboratorio o controlados en la toma de decisiones.

Afirman que los experimentos se componen de tres elementos básicos: objetivo, conjunto de restricciones y comportamiento de los participantes, en donde el experimentador controla el objetivo y las restricciones, para observar el comportamiento. Estos lineamientos han sido usados con gran éxito, especialmente en estudios con DS para la toma de decisiones en el campo económico e industrial.

Se proponen las siguientes etapas en el proceso de realización de un experimento:

- ✓ Identificación del problema.
- ✓ Experimento piloto.
- ✓ Mejoras y simplificaciones. Diseño de casos de análisis y se desarrolla todo el material para llevar a cabo el experimento.
- ✓ Realización del experimento.
- ✓ Análisis y reporte.

2.21.2 EXPERIMENTOS EN AMBIENTE NATURAL

En Investigación social y en particular en educación, se han realizado múltiples experimentos bajo posturas positivistas, siguiendo de manera rigurosa el método científico y con diseños experimentales de tipo estadístico, a manera de estudios experimentales de laboratorio controlados.

Sin embargo el volumen de elementos nuevos que día a día llegan a hacer parte del fenómeno formación escolar, en especial los relacionados con la tecnología de información y comunicación, exigen otras maneras de estudio e investigación que sugieren una experimentación igualmente rigurosas y con generación de aportes a la ciencia, pero que reconozca la importancia fundamental del contexto.

La vida en el salón de clase es sinérgica: aspectos que son frecuentemente tratados de manera independiente, como cualificación docente, selección del currículo y evaluación, pertenecen a un todo y no puede ser estudiado ningún elemento influyente en el proceso educativo de forma aislada de su entorno real (BROWN, 1992) (*traducción libre*).

A partir de los estudios realizados por investigadores como la psicóloga Brown, surge la posibilidad y pertinencia de diseñar experimentos que se puedan realizarse in situ, observando de manera integrada las partes que lo conforman y reflexionando sobre la dinámica natural en la que se desarrolla el proceso formativo. Esta necesidad lleva a que diferentes investigadores asuman el reto de proponer diseños experimentales acordes a los cambios en una educación ligada estrechamente a un tipo de sociedad creciente en artefactos de innovación tecnológica.

Estos estudios experimentales se localizan en la disciplina de Tecnología Educativa, la cual nace en los años 50 en los Estados Unidos de América, y agrupa diferentes concepciones y teorías educativas utilizadas para la solución de problemas relacionados con la enseñanza y el aprendizaje mediante el uso de TIC. Dicha disciplina, se especializa en diferentes enfoques, tales como la enseñanza audiovisual, enseñanza programada, tecnología instruccional y diseño curricular o tecnología crítica de la enseñanza.

En particular la Tecnología Instruccional (IT), trata la teoría y la práctica del diseño, desarrollo, utilización, gestión y evaluación de los procesos y los recursos para el aprendizaje, mediante la aplicación sistémica y sistemática de las estrategias y técnicas derivadas de las teorías conductuales, cognitivos y constructivistas en la solución de problemas relacionado con la instrucción⁸, abriendo la posibilidad al uso de experimentos en el contexto real.

2.22 EXPERIENCIA

(JAY, 2009). El concepto de *experiencia* tiene múltiples definiciones teniendo en cuenta enfoques lingüísticos, los semánticos y los filosóficos.

Existen dos versiones alemanas del término que generan en la historia vertientes interpretativas de experiencia. *Erlebnis*, que puede traducirse al castellano como vivencia, relacionado con el acontecimiento y *erfahrung*, que tiene en cuenta la duración en el tiempo, la memoria, el saber y el aprendizaje acumulado.

⁸ http://en.wikipedia.org/wiki/Instructional_technology

2.23 EVALUACIÓN DE SOFTWARE

La evaluación del software busca determinar el cumplimiento de los requisitos definidos para el producto y su verdadero aporte a la solución de la necesidad detectada por el cliente, determinándose así su nivel de *calidad*. La Calidad del software se convierte en el aspecto a evaluar y para eso es necesario comprender su significado.

El estándar IEEE 6.10 -1990 (IEEE, 1990) da la definición de calidad como “el grado con el que un sistema, componente o proceso cumple con los requisitos especificados y las necesidades o expectativas del cliente o usuario”. (PRESSMAN, 1993) la define como “concordancia del software con los requisitos explícitamente establecidos, con los estándares de desarrollo expresamente fijados y con los requisitos implícitos, no establecidos formalmente que desea el usuario” (CATALDI, 2000).

En particular, el presente trabajo de investigación se realiza en el marco del trabajo desarrollado por el grupo Simon, en el que se diseñan y construyen ambientes informáticos que incorporan el modelado y simulación con DS para fines educativos. Por este motivo es importante tener en cuenta las implicaciones de la evaluación de la calidad en software considerados como educativos.

2.23.1 LA CALIDAD DEL SOFTWARE EDUCATIVO

La calidad debe ser asumida en el contexto de diseño y desarrollo como un producto software más y en el contexto educativo como solución a un modelo o metodología de aprendizaje.

La calidad educativa de los productos software se puede ver como la potenciación de habilidades cognitivas y de adquisición de conocimientos, mediante el uso de programas específicos que desencadenan las funciones superiores del pensamiento. De igual manera se debe promover autoaprendizaje o aprendizaje autónomo, y el aprender a aprender.

2.23.2 EVALUACIÓN DE SOFTWARE EDUCATIVO

Según Cataldi, “*La evaluación de los programas educativos es un proceso que consiste en la determinación del grado de adecuación de dichos programas al contexto educativo*”. Se debe realizar una evaluación interna y otra externa del software, para determinar cambios o mejoras, considerando sugerencias del equipo desarrollador y de los usuarios finales en el contexto de aprendizaje.

Se realizan las evaluaciones interna y externa, a fin de detectar los problemas que generarán cambios en el producto, lo antes posible, a fin de reducir costos y esfuerzos posteriores. Estas evaluaciones consideran las eventuales modificaciones sugeridas por el equipo de desarrollo y por los usuarios finales, teniéndose en cuenta a docentes y alumnos en el contexto de aprendizaje.

Es preciso definir ciertos *criterios* para seleccionar un programa que esté de acuerdo a las necesidades del docente. Además se debe considerar el uso de los términos *evaluación* y *valoración* ⁹, que en muchos de los trabajos consultados se usan indistintamente para determinar si un programa dado cumple con los objetivos tanto técnicos como pedagógicos y didácticos para lo que fue pensado.

2.23.2.1 LA EVALUACIÓN INTERNA

La evaluación interna del software, es realizada por el equipo de desarrollador. Dicha evaluación se realiza con una versión o prototipo que posee todas las funcionalidades definidas en los requerimientos iniciales, pero con aspectos como gráficos, imágenes, videos y bases de datos provisionales.

Posterior a la evaluación se construye una lista con los cambios y mejoras que deben ser implementadas antes de entregar el software a los usuarios finales. Se debe

⁹ *Valorar*: tiene en cuenta la evaluación, la revisión y la selección. Tanto la revisión (resumen de las características para permitir la selección) y la selección (es la valoración de los profesores antes del uso en el aula) se las puede considerar como parte de la valoración misma en un sentido más restringido.

Evaluar: es determinar el grado de adecuación, ya sea durante el desarrollo para hacer las modificaciones (formativa) o posterior a él mediante experiencias de uso (sumativa) (CATALDI, 2000).

adecuar a las especificaciones de requerimientos y a los aspectos funcionales y pedagógicos-didácticos.

En general se pueden contemplar tres aspectos fundamentales en la evaluación: aspectos técnicos, pedagógicos y funcionales. Los aspectos técnicos permiten asegurar la calidad del producto desde el aspecto técnico, los pedagógicos desde los fines educativos y los funcionales desde aspectos como las ventajas a usuarios, facilidades y funciones de pensamientos que son favorecidas en el proceso de aprendizaje.

2.23.2.2 LA EVALUACIÓN EXTERNA

Durante la evaluación externa se recogen los aportes de personas representativas de los usuarios finales (estudiantes y/o profesores). Durante las pruebas se encuentran a menudo errores imprevistos y se verifica el cumplimiento de los propósitos educativos.

(BORK, 1986) *citado por* (CATALDI, 2000) denomina a la evaluación externa como *evaluación sumativa* y es la evaluación del producto final que generalmente la realizan equipos distintos a los desarrolladores. Se usan listas de verificación, con preguntas cerradas y abiertas que son aplicadas a los participantes después de interactuar con el producto software.

Después de la evaluación interna y externa, se obtiene la primera versión del producto con su respectivo manual de usuario, que contiene todos los aspectos indispensables para los usuarios, con detalles técnicos y pedagógicos.

La evaluación es una tarea constante a lo largo de todo el desarrollo y aún después, en el contexto de aplicación, ya que requiere también de evaluación de las estrategias cognitivas propuestas.

CAPÍTULO 3
ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

3 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se hace una descripción de las experiencias locales e internacionales que brindan los principales aportes a la construcción de la propuesta de lineamientos para el diseño de Experiencias-Experimentos. Estas experiencias se ilustran comenzando desde las primeras registradas hasta las más recientes.

En la primera parte, en este capítulo se revisan las experiencias que soportan conceptualmente la incorporación del modelado y la simulación con DS en educación. En la segunda parte, se presentan experiencias que brindan aportes al diseño de experimentos para la investigación de DS en escenarios educativos.

3.1.1 EXPERIENCIAS DE USO DE DINÁMICA DE SISTEMAS EN EDUCACIÓN

A continuación se hace una descripción de antecedentes, clasificando cada experiencia en una de dos categorías, internacional o local.

3.1.1.1 A NIVEL INTERNACIONAL

(GOULD-KREUTZER, 1993) Publica la siguiente descripción acerca de las primeras experiencias de incorporación de la DS en la educación.

En 1961 Jay Forrester propone por primera vez el uso de la DS en educación, específicamente para integrarla a la educación en administración. En 1974 Nancy Roberts publicó el primer artículo acerca de un modelo con DS aplicado a educación usando el software Dynamo. Roberts creó el primer curso de DS para entrenamiento de docentes y en 1975 escribió la primera disertación doctoral combinando conocimiento de DS y educación.

En 1982 Karl Buttner y David Kreutzer crearon un simulador de vuelo en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) con fines educativos. Este último en 1985, participó en la introducción de la DS en un curso de historia en *The Union High School* en Brattleboro y Vermont. El curso fue diseñado y dirigido por David Clarkson con la asistencia de Kreutzer.

Barry Richmond y el sistema de formación secundaria diseñaron un programa de entrenamiento para profesores de Brattleboro en el uso de la primera versión de Stella, y posteriormente a profesores de diversos lugares de los Estados Unidos.

Antes de las experiencias en Brattleboro, entre 1975 y 1976 George Richardson, David Andersen y Nancy Roberts trabajaron con profesores en colegios de Lexington y Massachusetts, contribuyendo a la introducción de la simulación computarizada.

En 1990 Gordon Brown lidera la introducción del PS y de la DS en escuelas de media en Tucson y Arizona. Brown, Scheetz, Draper y muchos otros, han dedicado su tiempo a la formación de profesores, estudiantes y administradores, en DS con la asistencia de Barry Richmond. Han llegado a constituir una escuela como un sistema de cursos, actividades y guías generales integradas, con la participación de todos los miembros de la comunidad educativa.

Barry Richmond propone un nuevo sistema educacional con procesos de formación dirigida al aprendiz. En su marco de trabajo, Richmond sugiere el desarrollo de siete habilidades fundamentales en estudiantes y profesores: pensamiento dinámico, genérico, estructural, operacional, de ciclo cerrado, continuo y científico.

Kenneth Simons escribe el artículo "*New Technologies in simulation games*", construyendo lineamientos para la creación de software para juegos de simulación y propone un proceso de aprendizaje con ausencia de un experto entrenado.

Khalid Saeed diseña un laboratorio experimental para el estudio de las ciencias sociales, en particular, su artículo "*Bringing experimental learning to the social sciences*" presenta una descripción de su laboratorio de desarrollo económico para estudiantes universitarios.

Davidson, Bjurklo y Wikstrom en su artículo "*Introducing System Dynamics in Schools: The Nordic Experiences*", describen la experiencia Nórdica de uso de la DS en educación, presentando aspectos metodológicos, resultados de su experiencia y sugerencias para futuras investigaciones.

Forrester en su artículo "*System Dynamics as a organizing framework for pre-college education*", propone que la educación puede ser más efectiva si se introduce la DS y el

enfoque de aprendizaje centrado en el aprendiz. Forrester describe la experiencia del uso de DS en escuelas de Tucson, Arizona.

Frank Draper en el artículo "*A proposed sequence for developing Systems Thinking in a grades 4-14 curriculum*", publica un plan de formación en PS para estudiantes, basado en las siete habilidades de pensamiento ilustradas por Richmond, reorientando las ideas acerca de las habilidades que los niños pueden desarrollar para el entendimiento de sistemas complejos.

Finalmente, las experiencias descritas anteriormente, según Gould-Kreutzer, pueden ser clasificadas en dos grandes categorías: actividades orientadas a educación y sistemas educativos para niños de 8 a 18 años, y actividades diseñadas para formación a nivel universitario o educación para adultos.

Si se quiere pensar en un precursor o pionero del uso de la DS en educación, se debe referir a Jay Forrester, pues gracias a sus cuestionamientos y reflexiones sobre el descontento generalizado de las personas sobre el sistema educativo, se promovió el uso de DS con propósitos educativos. Inicialmente con experiencias en escuelas de Estados Unidos, bajo investigaciones dirigidas desde el MIT que han permitido el uso extendido a muchos lugares del mundo y en múltiples idiomas.

"*Muchos de los ataques a la educación secundarias se basa en que no prepara bien a los estudiantes para hacer frente a la vida moderna*" (FORRESTER, 1992). Según Forrester, las debilidades de la educación no se deben solo a malos maestros, sino también al material inadecuado que se usa en clase. De igual manera la naturaleza fragmentaria de la educación no permite mostrar cómo se relacionan las personas entre sí y con su ambiente físico. Se tiene una educación dividida en materias para entender un mundo real donde todo se relaciona entre sí.

Con el concepto de sistemas de realimentación presentado por Gordon Brown a Forrester, este último funda en 1950 la DS. Específicamente en educación, en los años 80 se consolida el *Proyecto K-12*, que busca la incorporación de la DS en el ambiente escolar, desde kínder hasta doceavo grado.

Forrester ha impulsado el trabajo de los docentes para la integración de la DS desde los primeros grados de escolaridad para que el cambio pueda fluir desde el inicio. Con sus colaboradores, Forrester trabaja en la construcción de materiales educativos, realizan prácticas con profesores del Cambridge Rindge y del Latin High School, en el marco de una agenda para el autoestudio de la DS aplicada a la educación, llamada Road Maps (NAVAS, 2006).

Es importante mencionar los aportes de otros colaboradores como: Jim y Faith Waters quienes crearon la fundación Waters para apoyar la educación de DS en una docena de escuelas de Estados Unidos, financiando los sueldos del equipo de mentores de DS, consiguiendo dotación de computadores para las escuelas, patrocinando el entrenamiento de mentores y la realización de talleres para maestros. John Bemis de Concorde, Massachussets, creó la Creative Learning Exchange (CLE), una organización sin ánimo de lucro para promover el uso de la DS en la educación desde preescolar hasta doceavo grado, distribuyendo materiales, publicando un periódico y organizando una conferencia de verano para maestros cada año (NAVAS, 2006).

En Estados Unidos se han realizado numerosas experiencias, entre las cuales sobresalen dos proyectos por su cobertura y trayectoria¹⁰, STACIN Y CC-SUSTAIN.

STACIN surgió del proyecto ACOT (Apple Classroom Of Tomorrow) en los años 80, la experiencia se inició en una escuela secundaria en el estado de Vermont, posteriormente se unieron seis escuelas de San Francisco (cuatro de secundaria y dos de primaria) y una más de Arizona.

Se usó el software Stella; los informes finales del proyecto, revelan que cerca de cuarenta profesores fueron capacitados para implementar en su currículo la DS, entre los grados 5° y 12°. En las escuelas primarias (de 5° a 8° grado) se trabajó en las áreas de ciencias, matemáticas y estudios sociales y en secundaria (de 9° a 12° grado) se trabajó en humanidades.

¹⁰ <http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie2000/charlas/alessi.htm>

CC-SUSTAIN nace en los 90 como un proyecto de implementación de la DS en educación con gran cobertura. En su primera etapa capacita cerca de 150 profesores de escuelas secundarias para implementar el modelado con DS usando el software Stella en su currículo. Posteriormente los docentes trabajaron con sus estudiantes en la construcción de modelos en muchas áreas, principalmente en ciencias, matemáticas y estudios sociales. Posteriormente en la segunda etapa del proyecto fueron capacitados más de 240 docentes.

(STUNTZ, LYNEIS, & RICHARDSON, 2002) Presentan un plan estratégico a 25 años para alcanzar las metas de la DS desde kínder hasta doceavo grado. Este plan surge en la reunión realizada en junio de 2001 en Essex, Massachusetts, entre profesores de escuela y profesionales en Dinámica de Sistemas, quienes discutieron sobre las experiencias tempranas vividas por cada uno de ellos con DS.

La estrategia ilustra las siguientes ideas:

1. La visión:
 - a. comportamientos, actitudes y habilidades de pensamiento sistémico en los estudiantes.
 - b. Características de la escuela que trabaja alrededor de la DS y del aprendizaje centrado en el estudiante.
 - c. ¿Qué no es Dinámica de Sistemas en educación?
2. La estrategia para la realización de la visión.
3. Orientaciones sobre qué pueden hacer los estudiantes en cada uno de los niveles escolares.
4. El plan:
 - a. Recursos.
 - b. El cambio.
 - c. Ejemplos de DS en currículos en K-12.
 - d. Una agenda para el desarrollo curricular con uso de DS de manera transversal en todas las disciplinas y niveles escolares de K-12. Se presentan lineamientos generales, y un cronograma de actividades específicas por año.

- e. Una agenda para entrenamiento de docentes, con definición de actividades específicas para cada momento del año desde el 2002 en adelante.

Los trabajos referenciados anteriormente se han convertido en la base para la investigación y el trabajo futuro de la DS en el escenario educativo.

3.1.1.2 A NIVEL LOCAL

En Colombia y América Latina sobresale el trabajo investigativo realizado por el grupo SIMON de la Escuela de Ingeniería de Sistemas en la Universidad Industrial de Santander. Un trabajo durante cerca de dos décadas permite compartir con la comunidad variadas producciones y experiencia de trabajo con DS en Educación.

A partir de las experiencias internacionales, nacionales y las vividas al interior del grupo Simon, se ha desarrollado un proceso de investigación sobre el uso de la DS bajo el paradigma de PS.

El trabajo ha estado guiado por la metodología de Investigación-Acción (I-A) que ha exigido siempre una reflexión continua para el hacer en el hacer mismo.

De esta manera se ha abordado durante años, entre otros, el problema de usar la DS en educación, buscando identificar posibilidades, usos, aportes, ventajas, barreras, recursos y estrategias metodológicas.

Partiendo de una realidad con necesidades de mejoramiento, se han vivido varios e iterativos momentos de investigación que han permitido la realización de múltiples experiencias en el escenario educativo.

Cada experiencia, en la que se ha buscado la vinculación de estudiantes, docentes, directivos, padres de familia, comunidad e investigadores, ha aportado elementos y reflexiones para reorientar el uso de DS en la formación escolar y para modificar la misma realidad de estudio y suministrar así un nuevo punto de partida para la acción investigativa.

Son innumerables los productos que se han desarrollado con las experiencias en mención. Se pueden mencionar y tipificar a manera general productos como lineamientos conceptuales, recursos computacionales (modelos con DS, micromundos, simuladores y sitios web) y guías escolares para el uso de DS.

(NAVAS, 2006) Presenta una relatoría del trabajo investigativo realizado por SIMON desde 1990 hasta 2006. De cada momento se puede destacar:

- ✓ **1990 a 2000.** Esta época se caracterizó por los esfuerzos para desarrollar una herramienta computacional de simulación que pudiera ser usada con fines educativos sin restricciones. Inicialmente se desarrolló el software SDS (Software Dinámica de Sistemas) que facilitaba al usuario la solución numérica de las ecuaciones; el archivo de resultados generados por SDS era llevado a una hoja electrónica para su graficación. Entre 1991 y 1997 se desarrollaron las versiones 1.0, 2.0 y 2.0a del software Evolución, que permitía la construcción de diagramas de Flujo-Nivel, solución numérica a ecuaciones y graficación de resultados. En 1996 se presenta a la comunidad educativa una propuesta para llevar la DS a la escuela, mediante la ponencia titulada “*Propuesta de aplicación del pensamiento de sistemas en la educación media, con un soporte informático*” (ANDRADE & PARRA, 1996), que marca el inicio de una serie de trabajos de pregrado y posgrado, de ponencias a nivel nacional e iberoamericano y de una publicación en la revista Heurística de la Universidad del Valle en 1999.

Entre 1998 y 2000, el grupo SIMON participa en el convenio ECOPETROL-UIS, brindando asesoría en la orientación y cualificación de actividades académicas integrando la informática a la educación. Esta primera experiencia se llevó a cabo en los colegios El Rosario, Infantas, Parnaso y Miramar de Barrancabermeja, Colombia. En 1998 el grupo participa en el congreso de la Red Iberoamericana de Informática Educativa con la ponencia “Esbozo de una propuesta de modelo educativo centrado en los procesos de aprendizaje” (ANDRADE & PARRA, 1998)

- ✓ **2000.** Se desarrolla la versión 3.0 del software Evolución y se inicia la construcción del macro proyecto MAC 1-11. Se desarrollaron los primeros

micromundos para el aprendizaje de las ciencias (MAC): MacMedia (ZAFRA & VILLA, 2000) al cual se le hace prueba de receptividad con estudiantes de once grado del colegio Fundación UIS de Floridablanca, Colombia, Mac 6-7 (NAVAS & BENÍTEZ, 2000) y Mac 8-9 (DUEÑAS & ROJAS, 2000). El grupo participó en el V Congreso de Informática Educativa con la ponencia titulada “*MacMedia: Micromundo para el aprendizaje de las ciencias en la educación media. Un enfoque dinámico sistémico*” (ANDRADE, VILLA, & ZAFRA, 2000). Se realizan pruebas de receptibilidad al Mac 6-7 y Mac 8-9 con estudiantes de grado sexto a octavo en el colegio El Rosario de Barrancabermeja, Colombia.

Durante este mismo año, el grupo SIMON presenta su propuesta de micromundo para el aprendizaje de ciencias, en el curso de verano de la Universidad de Castilla La Mancha en Ciudad Real, España, y en el seminario taller sobre DS en la educación en Huelva, España.

- ✓ **2001.** Se participa en la producción del libro de Pensamiento Sistémico (ANDRADE et al, 2001), mediante el cual se plasma su propuesta de DS, asumiéndose como un lenguaje dinámico sistémico que puede soportar procesos de toma de decisiones en el aprendizaje, entre otros. Se avanzó en la construcción del macro proyecto MAC 1-11, con el desarrollo de MAC 4-5 (BERMÚDEZ & QUITIÁN, 2001) y de MacMedia 2.0 (SEQUEDA & TORRES, 2001). Se realizaron pruebas de campo del Mac 4-5 en el colegio Infantas de Barrancabermeja y del MacMedia 1.0 en el colegio Balbino García de Piedecuesta.

- ✓ **2002.** El grupo Simon continúa socializando su propuesta de micromundos y de uso de DS en educación, con la participación en el VI Congreso Colombiano de Informática Educativa (ANDRADE, TORRES, & SEQUEDA, 2002) y (ANDRADE, La informática y el cambio en la educación. Unsa propuesta ilustrada con ambientes de modelado y simulación con Dinámica de Sistemas, 2002), y con la participación en el Encuentro Iberoamericano de formación docente (NAVAS,

GUERRERO, & ANDRADE, 2002). Ese año se publica el artículo “*Ingeniería de Sistemas-Realidad Virtual y Aprendizaje*” (ANDRADE & NAVAS, 2002)

- ✓ **2003.** Se pone en circulación la versión 3.0 de Evolución (CUELLAR & LINCE, 2003).

Hasta este momento, los trabajos y experiencias del grupo SIMON, fueron de gran importancia, porque orientaron el futuro, logrando la consolidación de una propuesta para la integración de la DS en la educación, propuesta que ha sido difundida a nivel nacional e internacional y tomada como referente por varios.

Continuando con la relatoría iniciada por Navas, se pueden mencionar los siguientes trabajos durante los años posteriores:

- ✓ **2004 a 2005.** En ese año, se desarrollaron múltiples herramientas computacionales que bajo el enfoque de Pensamiento Sistémico, brindaron soluciones a diversas necesidades del campo educativo. Se pueden mencionar entre otras, Herramienta software para el estudio de fenómenos ambientales mediante el modelado y la simulación con Dinámica de Sistemas (SANTAMARÍA & MENDEZ, 2004), Herramienta software multimedia de apoyo a la enseñanza de la música en niños de cinco a siete años de edad (RANGEL & PARDO, 2005) y Aplicaciones de un modelo conceptual generalizado de un sistema para soportar la toma de decisiones (RIVERA & SARMIENTO, 2005).

- ✓ **2006.** Se continúa con el desarrollo a soluciones a problemas de diferentes campos y disciplinas de la educación con el uso de herramientas que integran el modelado y la simulación con DS. Se desarrollaron ambientes software, como HCAEAD: Herramienta para creación de ambientes educativos informáticos con aprendizaje dinámico (OSPINO & PRADA, 2006) y el Ambiente software para apoyar el aprendizaje de ciencias de la naturaleza en la educación básica primaria - un enfoque dinámico sistémico (ANAYA & VERA, 2006) .

Además se realizan las siguientes investigaciones en posgrado: Micromundos para apoyar los procesos de cambio y de toma de decisiones organizacionales.

Un caso de estudio con Dinámica de Sistemas (GELVEZ L. , 2006), Diseño de una arquitectura para un entorno de modelamiento - simulación y creación de un proceso para su desarrollo por una comunidad (I+D) (MORENO, 2006) y finalmente en el trabajo titulado *Propuesta informática para la educación en el cambio, basada en ambientes de modelado y simulación. Un enfoque sistémico* (NAVAS, 2006), se presenta la “*Propuesta para la difusión de la DS en la Escuela*”, que recopila una serie de orientaciones para el uso de la DS con fines educativos y se convierte en el marco conceptual que guiará el trabajo posterior. En este periodo se inicia el desarrollo de aplicaciones en la web, que brindarán nuevas oportunidades de difusión y de participación colaborativa y en red. Con el trabajo titulado Extranet de apoyo a la formación y sostenimiento de redes interescolares orientadas por la universidad (JAIMES & JEREZ, 2006), Ve promueve la construcción y consolidación de redes de personas que usan TIC para el aprendizaje.

- ✓ **2007.** Se dan nuevos desarrollo en la web, como el Curso de Dinámica de Sistemas en la web con aplicaciones en fenómenos ambientales (BELTRAN & DORIA, 2007) y el Sitio Web para facilitar el aprendizaje y la difusión de la Dinámica de Sistemas en la educación (CASTAÑEDA, 2007).

Se amplía la cobertura de soluciones con DS a problemas de diferentes áreas en educación, con trabajos como: Economía dinámica del modelo de crecimiento de Harrod planteada con Dinámica de Sistemas (VARGAS & JOYA, 2007), Modelado del cambio global en el medio ambiente mediante Dinámica de Sistemas (GELVEZ & MURILLO, 2007), Ambiente software para recrear visiones dinámico-sistémicas de teorías económica, ilustrado con la perspectiva Malthusiana (ALFONSO & MARIÑO, 2007)

En investigación a nivel de posgrado, se elabora el trabajo: “*Propuesta informática para la educación soportada en el modelado basado en objetos y reglas*” (GOMEZ M. , 2007).

- ✓ **2008 a 2010.** Se realizan los siguientes trabajos de pregrado: MICHRO 2.0, Micromundo para el desarrollo del Pensamiento Sistémico soportado en el

modelamiento basado en objetos y reglas (RAMOS & SUAREZ, 2008), Ambiente software apoyado en el modelado y simulación, para el aprendizaje de ciencias de la naturaleza en la educación básica secundaria y media vocacional, un enfoque Dinámico Sistémico (CALA & TASCO, 2008), Herramienta software para el aprendizaje del manejo de un sistema de producción de ganadería bovina mediante simulación con Dinámica de Sistemas y un enfoque Sistémico SIPROB 2.0 (RUIZ & SILVA, 2008), Elaboración de la plataforma, Red Dinámica versión 2.0 como soporte al aprendizaje y difusión de la Dinámica de Sistemas en la educación (PINTO & SIERRA, 2009), Proceso de reingeniería para la evaluación de plataforma de redes interescuelas orientadas por la universidad, REDESCUELA (CHACÓN & ROJAS, 2010), Micromundo de simulación para el aprendizaje de fenómenos ambientales asociados al cambio global (ORTIZ & VARGAS, 2010), Propuesta de un modelo de simulación para la justificación y comprensión en la toma de decisiones en la inversión pública de una alcaldía municipal un enfoque sistémico (OSORIO, 2010)

En investigación desde maestría se adelantan los siguientes trabajos: Desarrollo de un entorno software, de modelamiento y simulación, por una comunidad (I+D) geográficamente distribuida (LINCE, 2009), Propuesta de modelo para la gestión de proyectos de una institución pública de educación superior en Colombia, una perspectiva desde el Pensamiento Sistémico (SERRANO, 2010), y Lineamientos metodológicos para la construcción de modelos agro-industriales identificables en términos de dinámicas poblacionales basados en el pensamiento Sistémico y la Dinámica de Sistemas (GOMEZ U. , 2010).

- ✓ **2011.** Más recientemente se ha dado continuidad al proceso investigativo del grupo en DS en educación con los siguientes trabajos: Prototipo Homos 2.0: herramienta software para el modelado y simulación basado en objetos y reglas (VALDES, 2011) y Mediateca de modelos de simulación en actividades escolares con Dinámica de Sistemas, para el estudio de diversos fenómenos en la educación básica y media (ESPINOSA, 2011). Con el objetivo de presentar una propuesta de ambientes computacionales que vinculan la lúdica para promover aprendizaje con DS, se desarrolla el proyecto titulado Ambiente software

integrado por un juego para teléfonos móviles, un sitio web y una aplicación para computador personal, para el aprendizaje y toma de decisiones (GUERRA & RIOS, 2011).

Atendiendo las oportunidades y necesidades investigativas, develadas en la “*Propuesta para la difusión de la DS en la escuela*” (NAVAS, 2006), se realizan los siguientes trabajos para fortalecer la misma. Modelo de red de aprendizaje para proyectos de innovación educativa con TIC (LOPEZ, 2011) y Propuesta de uso de la lúdica mediada por la Tecnología de la Información para facilitar la integración del modelado y simulación en la escuela (MAESTRE, 2011).

Hay que mencionar, que todo el trabajo investigativo del grupo Simon se realiza bajo el modelo metodológico de I-A, teniendo la necesidad en todo momento de realizar experiencias de campo, con poblaciones estudiantiles, para refinar o reformular cada propuesta o desarrollo.

En particular, se generó una gran oportunidad para realizar experiencias masivas y de mayor cobertura a nivel nacional, con la participación del grupo en el proyecto Computadores para Educar (CPE) del Ministerio de Tecnología de Información y Comunicación de Colombia (MinTIC). Durante el convenio sostenido entre CPE y la UIS entre el 2004 y el 2009, se realizaron diversas labores investigativas en atención al proceso de cualificación docente requerido por el proyecto.

Con CPE, SIMON tuvo la experiencia de trabajo en instituciones educativas de tipo rural y urbano, desde preescolar hasta secundaria, así; En cerca de 2000 sedes educativas se hizo presencia (*43 en 2004, 153 en 2005, 206 en 2006, 298 en 2007, 455 en 2008 y 683 en 2009*), en 9 departamentos del país (*Santander, Cesar, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Córdoba, Sucre, Guajira y Norte de Santander*).

Con esta experiencia en CPE, se pudo evaluar cada uno de los ambientes computacionales contruidos y se promovió la creación de una red de profesores (RedDinámica), que profundizan sus conocimientos en PDS y en MyS, para el uso de la DS en sus actividades escolares. Esta red de profesores, se mantiene vigente participando en diversas experiencias investigativas que promueve el grupo en la actualidad.

Como se puede evidenciar, en las últimas dos décadas, la investigación en el uso de DS en educación ha sido una gran preocupación para el grupo SIMON, permitiéndole el desarrollo de variadas experiencias en diferentes escenarios del campo educativo.

De esta manera, el grupo ha venido consolidando su propuesta de integración de la DS en la escuela, mediante la utilización de ambientes computacionales para el modelado y la simulación. Esta consolidación ha sido visible en la participación que se ha tenido a nivel nacional e internacional en eventos relacionados con TIC en educación y en especial en los eventos de la red de Dinámica de Sistemas. En los últimos años SIMON ha promovido el “*Coloquio de DS en educación*” en el marco de los encuentros de DS nacionales y latinoamericanos, contando con la participación y presentación de experiencias realizada por profesores pertenecientes a RedDinámica.

3.1.1.3 CONCLUSIONES SOBRE EL USO DE DS EN EDUCACIÓN

De la experiencia local e internacional en el uso de la DS en educación se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- ✓ La DS se ha convertido en una herramienta que ha abierto innumerables oportunidades en la educación escolar, facilitando los procesos de aprendizaje. En las publicaciones y ponencias se manifiestan los grandes alcances en la forma de pensar y actuar de los niños y jóvenes que trabajan en ambientes de aprendizaje que integran el modelado y la simulación con DS.
- ✓ Se ha identificado dos usos principales de la DS en educación, como disciplina que busca el desarrollo de habilidad de pensamiento dinámico sistémico y como instrumento apalancado de aprendizajes en distintas áreas.
- ✓ La DS se ha convertido en una herramienta de innovación y de aplicación de TIC en educación.
- ✓ El uso de Tecnología de Información y de Comunicación, ha brindado nuevas posibilidades con la construcción de ambientes de aprendizaje que usan el computador. De esta manera se han mejorado, ampliado, fortalecido e innovado los útiles que se construyen para modelar y simular con DS.

- ✓ Un recurso desarrollado para ser usado en actividades bajo el paradigma del PDS, puede ser usado de múltiples maneras, ya sea para promover el aprendizaje de los conceptos dinámico sistémicos o para promover otros aprendizajes. Un modelo de simulación presenta una variada gama de posibilidades de uso, que van desde una mirada como caja negra sin conocimiento de la estructura del sistema, hasta una como caja transparente.
- ✓ Se ha probado el uso de DS desde preescolar hasta los últimos años escolares, refutando la idea inicial de algunos que afirman que la complejidad de los conceptos de DS no permitían el trabajo con niños de corta edad.
- ✓ El docente es fundamental en el proceso de integración de la DS en la educación, requiriéndose un proceso de cualificación y apropiación de los conceptos de DS y PDS, y de estrategias didácticas que orienten un adecuado uso.
- ✓ Los estudiantes que trabajan con DS mejoran sus apreciaciones e interpretaciones del mundo, gracias al cambio en los modelos mentales que se generan.
- ✓ Las ventajas del uso de DS en educación ha permitido su expansión por el mundo y ha motivando el trabajo investigativo de múltiples grupos de docentes y expertos en PDS.
- ✓ Con el intercambio de ideas a nivel internacional, se han podido construir lineamientos para orientar el qué hacer y el cómo hacer con los estudiantes de acuerdo a sus niveles de escolaridad y áreas de aprendizaje.
- ✓ Se puede observar que la integración de la DS en educación se ha caracterizado y ha requerido el diseño de planes estratégicos que involucran la formación de docentes y cambios en la gestión escolar.
- ✓ Las experiencias con estudiantes se han realizado en actividades académicas cotidianas y los resultados o logros en la formación escolar, depende de múltiples aspectos que involucran todo su entorno. Es decir el uso de la DS en la educación, depende del contexto y de las posibilidades del mismo.
- ✓ En las publicaciones y ponencias, se da gran cobertura a exponer los logros y aportes de la DS en la educación, sin embargo no se ilustra o detalla de la

misma manera aspectos relacionados con las técnicas o metodologías de investigación o análisis de resultados que permitieron las reflexiones y conclusiones finales.

Es posible que este aspecto tenga hasta el momento gran informalidad y no se lleve un proceso de observación riguroso, pues las experiencias con los estudiantes se han realizado en la mayoría de los casos en el marco de actividades académicas normales, en donde el docente sigue las metodologías de evaluación de aprendizaje tradicionales.

(GOULD-KREUTZER, 1993) Concluye que los ejercicios de introducción de la DS en el mundo se pueden clasificar en dos categorías: los enfocados en educación y sistemas educacionales para niños entre 8 y 18 años de edad y los que se enfocan en el nivel universitario o educación para adultos.

Gracias a la revisión de antecedentes realizada en el presente trabajo se puede concluir que aunque se identifica que algunos grupos particulares se han dedicado al estudio en profundidad de la incorporación de la DS en alguna de las dos poblaciones identificadas por Gould-Kreutzer, en notable también, que los recursos que se han desarrollado en los últimos años, como modelos, software de modelado y simulación, ambientes informáticos de aprendizaje, juegos, entre otros, con DS, son adaptables a cualquier escenario educativo, la diferencia está en el nivel de complejidad, manera y profundidad en que se asuman, como ha sido demostrado el grupo SIMON. De esta manera, es cada vez más posible pensar en una propuesta integradora para la educación en general.

También se reveló, que existe una notable diferencia en el tratamiento que se da al proceso de investigación o de evaluación de la DS y de sus recursos, dependiendo de la población objetivo. La diferencia radica principalmente en la formalidad de los estudios, pues en las publicaciones de experiencias a nivel universitario o con adultos si se encuentran los detalles acerca de las técnicas de validación o confirmación de resultados que no se aprecia en las experiencias con niños y jóvenes, algunos de manera amplia y otros con menciones más limitadas.

A continuación se presentan algunas experiencias que han abordado con mayor formalidad la realización de experiencias en educación con DS, implementando el diseño de experimentos controlados o laboratorios experimentales.

3.1.2 DISEÑO DE EXPERIMENTOS EN DINÁMICA DE SISTEMAS

Se presenta la evolución histórica del diseño de experimentos para la evaluación de ambientes de simulación con DS, con una clasificación de los trabajos entre experiencias internacionales y locales.

3.1.2.1 A NIVEL INTERNACIONAL

(MOXNES & ARANGO, 2008). Se presenta la siguiente relatoría de los trabajos más relevantes en la historia, que han sido fundamentales para el diseño de laboratorios experimentales en DS. Se hace una clasificación en tres categorías según su área de aplicación, así: desde economía, desde psicología y desde la Dinámica de Sistemas propiamente.

Estos trabajos se caracterizaron por la implementación de experimentos bajo una perspectiva dinámica del fenómeno estudiado, aunque fuera en algunos casos con DS precisamente.

✓ Desde Economía:

El primer trabajo referenciado incorpora el uso de experimentos dinámicos abordando el estudio de burbujas especulativas, con el modelo de mercado de Williams de dos estaciones (MILLER, PLOTT, & SMITH, 1977) . Posteriormente (SMITH, SUCHANEK, & A, 1988) realizaron una nueva versión del experimento considerando un mercado de acciones que duraba 15 periodos.

(CARLSON, 1967), (HOLT & VILLAMIL, 1986), (SONNEMANS, HOMMES, TUINSTRA, & VELDEN, 2004), (SUTAN & WILLINGER, 2004) publicaron resultados de experimentos realizado a partir del Teorema de Cobweb; juegos repetidos de Cournot fueron estudiados por (RASSENTI, REYNOLDS, SMITH, & SZIDSAROVSKY, 2000),

(ARANGO, Essays on commodity cycles based on expanded Cobweb experiments of electricity markets., 2006) y (HUCK, NORMANN, & OECHSSLER, 2004).

✓ **Desde Psicología**

Los experimentos realizados en psicología han utilizado de manera general simuladores complejos, principalmente para juegos de roles. Se puede destacar el trabajo realizado por (KLEINMUNTZ, 1985), (HOGARTH & REDER, 1987), (BREHMER, 1992) y (DORNER, 1996).

✓ **Desde la Dinámica de Sistemas**

Los experimentos en DS se han realizado para estudiar la toma de decisiones en ambientes dinámicos y complejos.

Los estudios experimentales iniciales con DS se realizaron en el MIT, con el trabajo de John Sterman. La necesidad de realizar efectivas y apropiadas evaluaciones a los modelos desarrollados con DS, llevaron a conducir investigaciones, que permitieran analizar el comportamiento de las personas al momento de tomar decisiones en los ambientes de simulación.

La utilidad de un modelo de simulación, depende de la confianza que se brinde a los usuarios del modelo; por tal razón, el modelo debe representar con gran precisión la estructura física e institucional del sistema y los procedimientos para la toma de decisiones usados por los actores (STERMAN J. , 1987).

*Representar con precisión la parte física del sistema es relativamente fácil, pero descubrir y representar las reglas de decisión usadas por los actores es bastante delicado y difícil, pues con los resultados obtenidos de la experimentación de individuos con los modelos de simulación se pueden obtener datos que representan el **qué** de las decisiones, pero no el **porqué**.*

John Sterman presenta un primer protocolo para la realización de experimentos, en donde se considera que la estructura del modelo se puede dividir en dos componentes: la estructura física e institucional y las reglas de decisión comportamental.

Se propone un diseño experimental en el que los sujetos estén en el mismo contexto físico e institucional asumido por el modelo, con control por parte del experimentador de

la estructura institucional, la información disponible y las tendencias asumidas por el modelo. De esta manera, es posible comparar directamente el comportamiento resultante de los sujetos con el comportamiento producido según las reglas de decisión del modelo.

Posteriormente, Sterman desarrolló la teoría de mis-percepciones de ciclos de realimentación mediante experimentos con el “*Juego de la Cerveza*” (STERMAN J. , 1989). Así, a partir de los estudios de Sterman se inicia una serie de trabajos que, con la implementación de diseños experimentales controlados, buscan evaluar el aporte de los modelos de simulación en la toma de decisiones y las dificultades de su utilización real debido a las reglas de decisión comportamental empleadas por las personas.

En la última década se adelantaron múltiples trabajos que profundizaron estas ideas precursoras, y han buscado entender las formas y las motivaciones que llevan a las personas a tomar ciertas decisiones.

Como muestra, se describen a continuación algunos de ellos.

(BOOTH & STERMAN, 2000). Las preguntas: ¿Cómo aprenden las personas a pensar sistémicamente?, ¿Qué tipo de habilidades son requeridas?, ¿Un tipo particular de bases académicas mejora las habilidades para pensar sistémicamente?, ¿Cuáles concepto de sistemas son realmente entendidos? y ¿Qué es más difícil de entender?, llevaron a Sterman y Booth a realizar un estudio experimental en busca de un método para evaluar la efectividad del entrenamiento y de las ayudas usadas en el mejoramiento de las habilidades de pensamiento.

El trabajo se realizó usando dos grupos de estudiantes de administración del MIT, pertenecientes al curso introductorio de Dinámica de Sistemas. Los grupos fueron muy similares incluyendo estudiantes de diversos niveles de escolaridad y áreas profesionales.

El primer grupo recibió durante el primer día de clase información básica, el caso de la manufactura y el caso del doblez del papel, dos semanas después recibió el caso de la bañera o flujo de efectivo. El segundo grupo recibió durante el primer día de clase información básica y el caso de la bañera.

Fueron diseñados múltiples pruebas para explorar en los estudiantes sus habilidades básicas de pensamiento sistémico, preguntando sobre los dibujos y gráficas del comportamiento esperado en el tiempo.

(MOXNES E. , 2000). Presenta un artículo en el que resume las principales ideas de cuatro laboratorios experimentales para estudiar el problema de la administración de recursos renovables, asociado a mispercepciones de las acumulaciones y flujos y de no linealidades.

Respecto al diseño experimental se pueden destacar. En el primer experimento llamado: *No solo el problema de los comunes*, usando el caso de la pesquera los participantes recibieron un pago de acuerdo a su desempeño en el experimento; proporcionando incentivos financieros reales se busca la maximización del valor presente neto de las ganancias obtenidas durante la simulación.

El segundo experimento llamado: *“El experimento de la pesquera”*, partiendo de un recurso virgen de bacalao, se solicitó a los participantes construir una flota que maximizara el horizonte infinito de ganancias. Fueron convocados 82 participantes, de los cuales 59 eran profesionales. Los restantes tenían variados conocimientos.

“El experimento de los renos”, es el tercero, en el cual se inició la experimentación con sobrepastoreo de líquen, el recurso limitado de comida que necesitan los renos para sobrevivir en el invierno. En el primer experimento participaron 48 personas, ninguno tenía experiencia en administración de renos, sin embargo muchos de ellos tenían formación a nivel de maestría en economía, administración de negocios o geografía.

Del cuarto experimento llamado: *“Mala administración fuera del problema de los comunes”*, no se dan detalles del diseño experimental empleado.

(BREKKE & MOXNES, 2003). Realizaron un estudio para analizar si los resultados de la simulación y optimización numérica mejoran la toma de decisiones en administración. En el estudio se investigó sobre la utilidad de dos modelos o herramientas empleadas en planeación social. El caso es la asignación de cuotas en una pesquera con dos especies.

Se usó pagos a los estudiantes que variaban entre 38 y 380 NOK¹¹. Participaron en total 64 estudiantes, la mitad de ellos fueron de Bergen y la otra mitad de Oslo. Alrededor del 50% estaban en primer o segundo año de economía, negocios o administración. El 50% restante estaban en niveles superiores y algunos con fundamentos en matemáticas, ingeniería y agricultura. Ellos fueron asignados aleatoriamente a diferentes tratamientos y la información dada a los estudiantes se definió de acuerdo al tratamiento. Los estudiantes eran principiantes en el tema de administración propuesto en el experimento. Se evaluó por medio de un test las decisiones que tomaron los participantes en diferentes situaciones relacionadas con el caso de estudio.

(CÁRDENAS & OSTROM, 2004). Presentan los resultados de un estudio realizado, en el que se explora la posibilidad de conducir experimentos en campo, con usuarios reales de ecosistemas locales, y así generar aprendizajes relacionados con la toma de decisiones para un manejo sostenible de los recursos comunes en tales escenarios.

Manifiestan los autores que la mayoría de los estudios experimentales que utilizan información dada por los participantes con base en sus datos personales, se han enfocado en demografía básica como el género, la edad, o la educación; pero muy pocas veces estos estudios asocian el comportamiento de los participantes en el experimento con su experiencia real en las clases de fenómenos que están siendo estudiados en el diseño experimental.

También para el caso de experimentos de recursos de uso común, se señala el desconocimiento de experimentos que hayan sido conducidos con usuarios reales de los recursos y donde el contexto de los participantes es usado para explicar la variación del comportamiento experimental.

Una adaptación del diseño inicial de juegos de recursos de uso común hecha por Ostrom en 1994 fue implementada en tres comunidades colombianas. Éstas tenían acceso común a un recurso y los grupos respectivos enfrentan un dilema de recursos de uso común. En un caso, el ecosistema compartido era un manglar forestal del cual las personas extraían moluscos, leña y pesca. En el otro caso, los campesinos extraían

¹¹ NOK: Moneda Noruega (Corona Noruega).

fibras de los bosques aledaños para realizar artesanías, y leña, lo cual afectaba el estado del bosque y la conservación del agua en la cuenca. En el tercer caso, los campesinos cazaban y obtenían leña de los bosques locales. Como marco teórico del estudio se analizan los siguientes niveles de información que traen las personas al juego: nivel de los pagos materiales del juego, el nivel del contexto grupal y el nivel de identidad.

El uso de métodos experimentales fue enriquecido al llevar el laboratorio a campo e invitar a los usuarios reales de los recursos para que participaran. Esta aproximación metodológica, combinada con los datos de una encuesta sobre las condiciones sociales y demográficas de cada participante particular y su grupo, permitió enriquecer la información experimental y, por tanto, ayudar a explicar la variación en los niveles de cooperación dentro de un mismo diseño experimental.

(ARANGO, 2007). Publica los resultados de un experimento de laboratorio para estudiar el comportamiento cíclico de los precios en mercados eléctricos no regulados.

El procedimiento experimental se caracterizó por seleccionar a sujetos de la misma población de estudiantes de último año del programa “*Energía y medio ambiente*” de la universidad de Ciencia y Tecnología de Noruega (NTNU). Los participantes no tenían experiencia previa en ningún experimento relacionado y se les dijo que podían ganar entre 5 y 20 dólares aproximadamente durante una hora. Ellos sabían que la recompensa dependía de su actuación en la experiencia, la cual fue medida a través de las ganancias acumuladas durante la simulación.

A su llegada, los sujetos se sentaron frente a los computadores. Se formaron grupos aleatoriamente, de manera que los sujetos no pudieron identificar a sus rivales en el mercado. Las instrucciones se distribuyeron y fueron leídas en voz alta por el experimentador. A los sujetos se les permitió hacer preguntas y probar inicialmente la interfaz del computador. Los parámetros del experimento fueron de conocimiento común para todos los sujetos. La condición inicial fue una producción de la industria total de 55 unidades y producciones individuales de 11 unidades. Así, el precio comenzó a 0,5 E\$/unidad. Estos valores iniciales fueron idénticos para todos los grupos. A los sujetos se les pidió pronosticar el precio para el momento cuando se

dieran las nuevas inversiones. Las recompensas extras fueron dadas por los buenos pronósticos, medidos por el error acumulado de pronóstico. El rendimiento óptimo en relación a las inversiones y pronósticos daría lugar a una ganancia ligeramente mayor a una hora de salario de un estudiante promedio.

El experimento fue realizado con una red de computadores usando el software de simulación Powersim Constructor.

(ARIZA, 2008). Propone el diseño de juegos de simulación para promover el aprendizaje guiado por la cooperación en el uso de recursos comunes, desde la experiencia concreta del estudio del recurso de la piangua¹².

Este juego de tipo multijugador, está diseñado para usarse experimentalmente en ambientes presenciales como aulas de clase con estudiantes de diversos niveles y especialidades o en actividades comunitarias con familias que comparten recursos comunes, con la implementación de pagos físicos a los participantes.

Las pruebas experimentales se realizaron en laboratorios con participantes de tres países (Colombia, Ecuador y Venezuela), entre los que se destacan funcionarios públicos, representantes gubernamentales, miembros de organizaciones no gubernamentales (ONG`s), actores de la sociedad civil, agentes de organizaciones, estudiantes de escuelas de derecho y de administración pública, entre otros. Del estudio, manifiesta el autor, no es posible asegurar que los participantes en el ejercicio educativo seguirán patrones de un comportamiento cooperativo en su quehacer diario, se sugiere ahondar el estudio, ya sea a través de herramientas para medir el comportamiento, trabajos de campo con comunidades que afrontan el dilema de los comunes, seguimiento a los participantes del ejercicio u otras formas para tener una mayor certeza si el aprendizaje obtenido en el ejercicio educativo se refleja en la realidad.

(SAWICKA & KOPAINSKY, 2008). Replicaron los experimentos realizados por Moxnes en 2004 para estudiar la administración del liquen de los renos en los pastizales durante el invierno.

¹² La "Piangua" como se conoce en Colombia, Ecuador y Costa Rica, se encuentra también en Perú y México, en donde se le conoce con el nombre de "Concha negra" y "Pata de mula", respectivamente. La piangua, *Anadara tuberculosa*, es un molusco bivalve asociado a las raíces del mangle.

El experimento piloto fue realizado con 8 estudiantes de un curso de métodos aplicados en agricultura y política regional de ETH Zurich.

La sesión experimental duró 2 horas y se le dijo a los participantes que la persona que tuviera los mejores resultados recibiría un premio simbólico. La experiencia fue dividida en tres etapas: primero, los sujetos leyeron las instrucciones originales de las tareas usadas en el grupo de control de Moxnes, y respondieron un cuestionario posterior a las instrucciones sondeando cuanto esfuerzo mental ellos invirtieron durante la lectura de las tareas y el entendimiento de las mismas. Luego, los sujetos exploraron el crecimiento del líquen y el dinamismo del pasto con un explorador para posteriormente realizar pruebas durante 15 años usando el simulador original de Moxnes. Después de los experimentos, los estudiantes respondieron un cuestionario para evaluar los conocimientos de sujetos así como su motivación intrínseca en realizar las tareas.

Finalmente se aplicó una pequeña entrevista individual para clarificar algunos temas después de la revisión de los datos iniciales y de la sesión informativa plenaria donde los conocimientos y los resultados de los sujetos fueron discutidos.

(MOXNES & ARANGO, 2008). Publican una guía de conceptos y elementos básicos de los experimentos de laboratorio en ambientes dinámicos con aplicación de la DS. Se describen los elementos principales de un experimento de laboratorio y se muestran los principios teóricos de los laboratorios de experimentos, la teoría del *valor inducido*¹³ y el concepto de *paralelismo*¹⁴.

Un experimento de laboratorio en la toma de decisiones, se define como la realización de experimentos controlados de decisiones realizadas por sujetos humanos. *Los experimentos de laboratorio poseen tres elementos básicos: Un objetivo (pago), un conjunto de restricciones (descripción del sistema, reglas de comportamiento) y el comportamiento de los participantes (decisiones). En este ambiente, el experimentador controla el objetivo y las restricciones, para observar el comportamiento.*

¹³ Medio utilizado por el experimentador para inducir características específicas en los sujetos participantes de los experimentos (Friedman & Sunder, 1994).

¹⁴ Principio de inducción que afirma que las regularidades comportamentales persisten en nuevas situaciones, siempre y cuando las condiciones fundamentales sean las mismas (Smith, 1982).

(MOXNES & JENSEN, 2009). Realizan un estudio con el objetivo de determinar si el excesivo consumo de alcohol por parte de los jóvenes puede ser provocado por mispercepciones de realimentación que no permiten entender la dinámica de concentración de alcohol en la sangre (BAC) en la cual existe una acumulación temporal de alcohol en el estómago que retrasa la absorción del sistema circulatorio, es decir un retardo entre el nivel de BAC existente y la percepción que se tiene de la concentración de BAC.

El estudio fue realizado con estudiantes de secundaria usando un simulador personalizado de BAC, un cuestionario y simulaciones. La tarea experimental para los participantes consistió en no sobrepasar cierto nivel de alcohol en la sangre, manteniéndolo estable durante cierto periodo de tiempo. El experimento fue realizado en dos escuelas de Bergen en Noruega con 62 estudiantes, usando una población de sujetos seleccionados de aulas de clase y asignados al azar a diferentes tratamientos experimentales. En total fueron 4 tipos de tratamientos o experimentos, realizados en momentos diferentes y en horas ordinarias de clase.

Se incorporó el concepto de *valor inducido* recompensando con dinero el desempeño de cada individuo durante el experimento de acuerdo a la proporción final entre el valor de alcoholemia obtenido y el deseado. Al final se aplicó un cuestionario para capturar impresiones y reflexiones de los estudiantes.

Las conclusiones se obtuvieron a través de la comparación de los resultados de cada estudiante, pues los sujetos trabajaron de manera individual y sin conocer los resultados ni la recompensa de los demás.

(HEY, NEUGEBAUER, & SADRIEH, 2009). Se da a conocer un estudio experimental para observar la toma de decisiones en el proceso de extracción de peces en una pesquera que cuenta con un solo propietario.

Fueron implementados cuatro tratamientos experimentales, los cuales difieren en el nivel de información suministrada a los sujetos. En el experimento computarizado, un sujeto tiene que decidir la cantidad de peces a extraer durante 100 periodos en el tiempo, en una reserva de recursos de propiedad privada, teniendo en cuenta el total de capturas posibles. En total Participaron 121 sujetos en el experimento y las sesiones

experimentales se llevaron a cabo en dos momentos, una en el laboratorio ESSE en la Universidad de Bari (12 sujetos por tratamiento) y el otro en el Centerlab de la Universidad de Tilburg (13-23 sujetos por tratamiento). Cada sujeto participó en un solo tratamiento y de manera individual, sin conocer los resultados de los demás participantes. Al final cada uno recibió una recompensa en efectivo de acuerdo al desempeño obtenido durante el experimento.

(THOMPSON & REIMANN, 2010). Se realizó la evaluación de un modelo basado en agentes y un modelo dinámico sistémico. Los dos modelos fueron comparados y se analizaron las relaciones entre los resultados de aprendizaje y las estrategias usadas.

Para el diseño experimental se seleccionó un grupo de estudiantes, los cuales fueron asignados aleatoriamente a uno de cuatro grupos. El primer grupo recibió solo un texto descriptivo del tema estudiado, el segundo recibió el modelo dinámico sistémico y el texto descriptivo, el tercero tuvo acceso al modelo basado en agentes y el texto descriptivo y el último grupo interactuó con los dos modelos y el texto descriptivo.

Los estudiantes fueron seleccionados de dos colegios femeninos, en el primero con niñas del grado 10° y el segundo con estudiantes del grado 9°.

El ejercicio fue incorporado en el trabajo normal del salón de clase y los experimentos realizados en los colegios.

Se aplicó un pre-test, para la cual los estudiantes tuvieron 20 minutos, la introducción al experimento se realizó en 10 minutos. Los estudiantes examinaron el material durante 20 minutos, luego ellos respondieron un post-test durante 15 minutos y la tarea de evaluación final se realizó durante 15 minutos.

(ARANGO, CASTAÑEDA, & OLAYA, 2012). Los autores afirman que varios trabajos realizados después del 2000 redujeron significativamente la complejidad de los modelos usados en los experimentos. Con estructuras básicas de Flujo-Nivel, se evalúa si los sujetos comprenden los conceptos fundamentales del Pensamiento Sistémico, y de esta manera poder entender mejor el porqué de las decisiones tomadas por los sujetos durante las simulaciones.

Los siguientes trabajos se caracterizaron por asumir esta tendencia de simplicidad estructural. (BOOTH & STERMAN, 2000) realizaron experimentos para predecir el comportamiento de la personas en un problema general; (KAINZ & OSSIMITZ, 2002) evaluaron si los pobres resultados en la actuación de los sujetos experimentales, era consecuencia de fallas en la discriminación entre niveles y flujos, o en la lectura e interpretación de gráficas. (MOXNES & SAYSEL, 2009) evaluaron el entendimiento de la acumulación de CO₂ por parte de los sujetos experimentales y (JENSEN & BREHMER, 2003) estudiaron el entendimiento de un simple sistema predador-presa.

(MOXNES & SAYSEL, 2009) Experimentaron y encontraron que el ayudar a desarrollar modelos mentales propios en las personas, mejora su actuación en los experimentos. (CRONIN & GONZALES, Understanding the building blocks of system dynamics, 2007) y (CRONIN, GONZALES, & STERMAN, 2009) evaluaron si el deficiente entendimiento de las acumulaciones fue causado por una incapacidad para interpretar gráficas, falta de conocimiento contextual, baja motivación o poca capacidad cognitiva; razones comunes para una deficiente actuación en tareas relacionadas con la toma de decisiones dinámicas. (JUNC & MORECROFT, 2010) experimentando con pesqueras dinámicas, encontraron que los equipos que mejor actuaron fueron los que mejor entendieron la complejidad del sistema de recursos, por consiguiente, previendo el valor futuro de cierta configuración de los recursos.

La revisión de antecedentes, permitió identificar que muchos experimentos se realizan para evaluar cómo la complejidad dinámica del sistema y la información suministrada a los sujetos puede afectar su comportamiento.

Finalmente, los autores presentan una clasificación de cerca de 30 trabajos realizados desde 1987 hasta el 2010. A manera de síntesis se ilustran elementos del diseño experimental, resultados en los comportamientos y reglas de decisión y efectos de la información suministrada a los sujetos.

3.1.2.2 A NIVEL LOCAL

El grupo Simon ha visto la necesidad de formalizar las experiencias que realiza con el uso de ambientes de modelado y simulación en el contexto escolar.

Cada vez ha sido más necesario, la implementación de técnicas que suministren mayores elementos de juicio acerca de los propósitos trazados por el grupo al integrar el M y S a la educación, principalmente con DS.

De esta manera en los últimos años se ha considerado la implementación de técnicas que formalicen las experiencias realizadas en las instituciones educativas donde se tiene cobertura investigativa.

Inicialmente se propuso el diseño de proyectos institucionales en las escuelas, en los cuales se construyeron guías detalladas para el desarrollo de las experiencias escolares y se aplicaron técnicas e instrumentos para la evaluación de resultados de aprendizaje. Así se vivieron experiencias exhaustivas con mayor formalidad en el desarrollo y observación de experiencias.

A partir del desarrollo de juegos serios en los que se combinan tecnologías móviles para celulares y el modelado con DS, se crearon mayores y mejores condiciones para el diseño de experimentos formales. En el año 2009, en el marco del proyecto Computadores para Educar (CPE), SIMON realizó un estudio proponiendo el uso de juegos de simulación con tecnologías móviles para promover el desarrollo de competencias laborales y la toma de decisiones en sistemas productivos.

Para este trabajo se usó el ambiente virtual de aprendizaje PesCo (GUERRA & RIOS, 2011). PesCo simula un sistema productivo, donde cada jugador debe criar sus peces y luego tomar la decisión de venderlos en el mercado, procurando obtener la mayor utilidad.

Las experiencias se desarrollaron en varias instituciones educativas vinculadas a la etapa de formación y acompañamiento del proyecto CPE, en donde se seleccionaron dos grupos de estudiantes de secundaria (experimental y de control). El grupo experimental trabajó con el ambiente virtual PesCo y el grupo de control trabajó usando otra metodología (tradicional), seleccionada por el docente.

El objetivo de los experimentos fue evaluar las siguientes hipótesis:

- ✓ H1: El uso de ambientes de MS, en los procesos de aprendizaje y formación, inciden favorablemente en el aprendizaje concreto y en el desarrollo de las

competencias laborales; específicamente en las de toma de decisión, útiles en la gestión de un sistema productivo en condiciones de certidumbre.

- ✓ H2: El uso de ambientes de MS, en los procesos de aprendizaje y formación, no inciden favorablemente en el aprendizaje concreto ni en el desarrollo de las competencias laborales; específicamente en las de toma de decisión, útiles en la gestión de un sistema productivo en condiciones de certidumbre.
- ✓ H3: El uso de ambientes de MS, en los procesos de aprendizaje y formación, inciden favorablemente en el aprendizaje y en el desarrollo de las competencias laborales, específicamente en las de toma de decisión, útiles en la gestión de un sistema productivo en condiciones de incertidumbre.
- ✓ H4: El uso de ambientes de MS, en los procesos de aprendizaje y formación, no inciden favorablemente en el aprendizaje y en el desarrollo de las competencias laborales, específicamente en las de toma de decisión, útiles en la gestión de un sistema productivo en condiciones de incertidumbre.

Como instrumentos y evidencias de aprendizaje, los docentes registraron un diario de campo, con fotografía y videos anexos; adicionalmente se aplicó cuestionarios para evaluar el estado inicial y el final de conocimiento en el tema de cada grupo, para poder comparar y analizar los resultados finales entre grupos.

Posteriormente se continuó la investigación sobre el desarrollo de competencias para la toma de decisiones en el sector productivo, con una experiencia a nivel de formación universitaria usando el ambiente de aprendizaje PesCo. Los estudiantes seleccionados pertenecen a programas de Ingeniería de Sistemas de tres universidades: Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga), Universidad Cooperativa de Colombia (Bucaramanga) y Universidad del Magdalena (Santa Marta). La experiencia se desarrolló en el marco de actividades de las asignaturas: Modelado Estructural, Modelación I, y Dinámica de Sistemas respectivamente. Los estudiantes inicialmente tenían conocimientos en matemáticas, y nociones en DS que les permitía leer, comprender y simular modelos que describen fenómenos complejos. Los resultados de este estudio fueron presentado en el IX Encuentro Latinoamericano de DS y II congreso Brasileño de DS (ANDRADE, MAESTRE, & LÓPEZ, 2011)

3.1.2.3 CONCLUSIONES SOBRE EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS PARA LA INVESTIGACIÓN DEL USO DE DS

Después de la revisión internacional y local identificando trabajos que implementan el diseño de experimentos para analizar el uso de DS, se pueden concluir las siguientes ideas:

- ✓ En general, a nivel internacional los experimentos se desarrollan para evaluar si las reglas de comportamiento usadas por las personas durante las simulaciones, son congruentes con las reglas de decisión asumidas en la estructura del modelo.
- ✓ Los objetivos de los estudios identificados en este apartado, han orientado la implementación de laboratorios experimentales, que permitan al experimentador controlar el objetivo y las restricciones del sistema simulado, para observar y analizar las decisiones de los sujetos.
- ✓ Una gran preocupación en los estudios, ha sido la definición de la complejidad de las estructuras adecuadas para la representación de los fenómenos por medio de modelos de simulación con DS, y del nivel y características de la información presentada a los individuos.
- ✓ Pocos experimentos se realizan con los usuarios reales y en el contexto natural del fenómeno. En la mayoría de los casos se seleccionan muestras de individuos que puedan asumir el rol contemplado para la toma de decisiones en cada caso; generalmente son estudiantes universitarios.
- ✓ Se han implementado elementos de la teoría descriptiva e inferencial estadística para confirmar o refutar las hipótesis planteadas en los estudios, soportando las conclusiones finales con cifras y modelos estadísticos de evaluación estandarizados.
- ✓ Aunque se evidencia mayor formalidad en el diseño experimental, se sigue percibiendo falta de profundidad en las descripciones acerca de las técnicas e instrumentos empleados durante los estudios, dando mayor extensión a la presentación de resultados y conclusiones.

- ✓ Las experiencias a nivel local se caracterizan por la preocupación de implementar cada vez más técnicas experimentales que formalicen y consoliden los hallazgos investigativos directamente en educación.

3.1.2.4 REFLEXIÓN FINAL

Se han develado grandes avances en las orientaciones y formalización de los usos de la DS en distintos campos o escenarios de aplicación.

El interés directo del presente trabajo investigativo, se concentran los esfuerzos por identificar elementos integradores entre el diseño de experimentos para evaluación de ambientes de simulación con DS y su implementación en procesos educativos y de formación escolar.

A partir de esta mirada selectiva es posible llegar a las siguientes afirmaciones:

- ✓ En la mayoría de los estudios donde se ha implementado un diseño experimental formal, no existe una relación directa entre la situación problémica y su integración a procesos educativos. Aunque el escenario educativo ha servido como espacio para el desarrollo de los estudios, su interés investigativo supera las fronteras escolares y atiende preocupaciones más generalizadas que pueden ser llevadas a múltiples situaciones en las cuales las personas deben tomar decisiones; principalmente en la industria y la economía.
- ✓ La preocupación de las investigaciones experimentales está centrada en evaluar cómo toman las decisiones las personas, y saber qué influye en esas decisiones, procurando determinar el modelo de simulación que desde su estructura física e institucional favorezca el entendimiento del fenómeno y permita seguir reglas de decisión pertinentes.
- ✓ Los estudios de uso de DS en educación, se han realizado mediante experiencias directas en los contextos educativos reales, involucrando la participación de miembros representativos de los grupos característicos de la comunidad educativa, como docentes, estudiantes, directivos y padres de familia.

- ✓ La integración de la DS en educación no se puede pensar de forma aislada del entorno de las instituciones y por tal motivo todas las propuestas alrededor de esta motivación, como el diseño de experimentos, deben seguir estudiándose en los contextos reales y de manera natural.
- ✓ Es fundamental realizar un acercamiento entre los resultados de los estudios del uso de DS en educación y el diseño de experimentos, de tal manera que se creen relaciones sinérgicas como base para la construcción de los lineamientos para el diseño de experimentos en educación. De esta manera se da atención a necesidades detectadas por el grupo SIMON, en su ejercicio investigativo iniciado hace dos décadas, para la integración de la DS en la educación.
- ✓ Se requiere definir lineamientos metodológicos que permitan formalizar el diseño de experimentos para estudio de la DS directamente en educación y en sus procesos formativos. Aunque existen orientaciones para el diseño de experimentos con DS, gracias a los aportes de investigadores como John Serman, Erling Moxnes y Santiago Arango, es necesario seleccionar y redefinir las ideas que puedan ser integradas a los procesos formativos escolares.

Siguiendo las recomendaciones surgidas en la reflexión a partir de la revisión de los antecedentes y con el marco conceptual, se proponen los lineamientos para el diseño de experimentos que permitan apreciar aportes de DS en los procesos de aprendizaje y de formación escolar.

CAPÍTULO 4
LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

4 PROPUESTA DE LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los elementos que constituyen la propuesta de lineamientos para el diseño de experimentos que permitirán observar en experiencias escolares aportes de las Dinámica de Sistemas.

Los lineamientos se configuran a partir de diferentes experiencias tanto locales (del grupo Simon) como internacionales (ver capítulo Antecedentes y Estado del Arte), adoptando entre todas, elementos o conceptos que se hacen pertinentes en el contexto de la situación problema abordada en la presente investigación. Cada una de las experiencias se realizó en el marco de estudios experimentales, de innovaciones - especialmente con TIC- en educación y del campo de la DS que involucraron el diseño de experimentos y/o estudios en educación.

Con esta base de conceptos, se desarrolla la propuesta de EE, dando sentido y sinergia a cada parte que la constituye, aunque en algunos casos provengan de fuentes distantes y sin evidente relación.

En primera medida, es importante enunciar que el diseño de EE propuesto, se realiza en el marco de las siguientes ideas, que brindan soporte:

- ✓ Investigación a nivel de ingeniería de sistemas e informática, en la cual se desarrollan soluciones de tipo software con fines educativos.
- ✓ Marco de Investigación en el cual se evalúan recursos y propuestas metodológicas que proponen el uso de la DS en el contexto de formación escolar.
- ✓ Ejercicio de Investigación Acción, el cual requiere que las EE sean conducidas bajo la misma dinámica de reflexión y reconstrucción, con inmersión en campo,

reconocimiento del estado inicial o situación actual, un marco teórico y una situación deseada -objetivos educativos esperados con el uso de ambientes informáticos que integran la DS en educación-.

- ✓ Se entiende como Ambiente Informático con DS para la educación, al conjunto de elementos, relaciones, procesos y situaciones, en donde se integran aplicaciones, recursos informáticos y personas.
- ✓ Reconocimiento de que la construcción con niveles aceptables de calidad técnica de los recursos informáticos, no es suficiente para satisfacer los fines educativos; se requiere adicionalmente de condiciones del entorno y de especiales dinámicas y procesos entre los usuarios.
- ✓ Identificación de que la evaluación del ambiente informático y de cada uno de sus elementos se debe realizar en el contexto educativo, lo cual implica un ejercicio de investigación en el campo de las ciencias sociales.
- ✓ Por la naturaleza social de las situaciones problemáticas consideradas, se hace pertinente la evaluación de los ambientes informáticos que integran el uso de la DS, por medio de EE diseñadas y conducidas en el escenario real del fenómeno escolar. De esta manera es posible tener un abordaje holista del fenómeno sin apartar de la observación ningún elemento inherente del contexto.
- ✓ Las EE, se componen de experiencias que se conducen en condiciones escolares reales y de experimentos que no deben interferir ni transformar la naturaleza de las experiencias. Es decir, el componente experimental se mantiene tangente a la experiencia, brindando aportes y orientaciones a la experiencia sin generarse ambientes experimentales controlados.
- ✓ Las EE se realizan mediante un ejercicio de observación científica, en el cual de manera selectiva (atendiendo las situaciones relevantes para los fines experimentales) se sigue el curso normal de los hechos que se generan en la interacción de las personas con, y en el ambiente informático.
- ✓ Las reflexiones y conclusiones encontradas a partir de las EE se presentan a la comunidad como hallazgos que pueden ser confirmados o refutados en estudios posteriores, en los cuales se sigan los lineamientos que orientan el desarrollo de

las experiencias escolares, es decir bajo otras condiciones la propuesta puede ser no pertinente.

- ✓ Las EE se convierten en observaciones científicas, en donde se describen hechos que requieren de contextos de interpretación explícitos para que puedan concebirse los resultados como objetivos (FUENMAYOR, 2001). La objetividad de la observación en una EE adquiere forma, por medio de los conceptos explícitos del contexto de interpretación, que adopta como fondo de análisis un entramado de ideas compartidas por los miembros de una comunidad, a la cual pertenece el observador y en la cual sus aportes pueden ser refutados o confirmados (FOUREZ, 2000). Para que las EE tengan objetividad se hace necesario interpretar y asumir como filtro de análisis de los resultados, el marco teórico que se define como parte de los lineamientos para el diseño de experiencias de tipo experimento.

A la luz de las consideraciones anteriores, es posible presentar el concepto de EE, clarificando la idea de experimento, de experiencia, los alcances de cada uno y las relaciones y dependencias que los hacen unidad en esta propuesta.

4.2 DEFINICIÓN DE EXPERIENCIA-EXPERIMENTO

El concepto de experimento comúnmente usado en el campo de la investigación, en el cual se interviene un fenómeno y bajo condiciones controladas se manipula las variables consideradas independientes para ver sus efectos sobre las dependientes, se aprecia insuficiente para el tipo de estudios que se deben llevar a cabo para explorar usos de DS en educación.

La experiencia propia –dos décadas investigación del grupo Simon- y la de otros a nivel internacional (BROWN, 1992), demuestra que para evaluar o apreciar aportes de recursos, metodologías o tecnologías en educación, es necesario realizar experiencias directas en campo con los usuarios reales y en la dinámica natural del fenómeno en estudio. Es posible y en algunos momentos necesario el desarrollo de experimentos controlados para la evaluación de algún producto específico, por ejemplo en el caso del

desarrollo software es importante para evaluar aspectos técnicos, pero no suficientes para confirmar o refutar aportes al proceso formativo.

Por lo anterior, se hace necesario en este trabajo, clarificar y exponer el concepto que se asume para el tipo de experimentos a realizar, en el marco de lo que se ha denominado *Experiencia-Experimento*.

En primer lugar, se considera al **experimento** como un ejercicio consciente y reflexivo – con registro y análisis de datos-, que tiene como objetivo la confirmación de hipótesis mediante *observación* en un fenómeno natural (experiencia). Por otra parte, la **experiencia** es concebida como un hecho (fenómeno natural) que ocurre en el aula de clase, en donde se desarrollan actividades educativas con interacción entre docentes y estudiantes. Por lo tanto, para el diseño de una EE, se requiere de la declaración formal de elementos experimentales que orienten la observación sobre una experiencia real.

Para tener evidencias que confirmen las contribuciones a la educación del recurso evaluado se requiere integrarlo a la dinámica natural educativa, llevando a cabo una observación sin controlar ni aislar ningún elemento (interno o externo) del ambiente. Haciendo una observación en las condiciones normales en las que será usado el recurso por las comunidades que lo adopten, se tendrá un hecho que brindará datos de observación en experiencias reales –cotidianas- para análisis y reflexión.

La articulación entre experimento y experiencia se consolida, en la medida en que durante la experiencia se produzcan revelaciones de interés para el experimento, y con el experimento se construyan reflexiones que reorienten el hacer en la experiencia.

Figura 8: Relación entre Experiencia y Experimento



Fuente: El Autor

En la *Figura 8*, se ilustra cómo el ejercicio experimental debe permanecer tangente a la experiencia, en donde la experiencia se convierte en el elemento esencial del experimento. Entre más experiencias sean realizadas, con variadas condiciones del escenario, se tendrán experimentos más robusto y con mayores elementos de juicio y análisis.

El ejercicio o proceso de observación experimental debe ser diseñado y realizado directamente por el investigador o equipo de expertos, quienes deben realizar sus acciones sin condicionar la actuación de los sujetos observados. Esta observación debe recoger y documentar las apreciaciones, reflexiones y análisis de todos los subgrupos de actores (docentes, estudiantes, experimentadores, expertos en DS, etc.) presentes en cada momento del estudio.

Las experiencias con estudiantes deben estar orientadas por el equipo experimentador, sin embargo, para tener una mayor pertinencia de las acciones y mejor apropiación de los docentes, se recomienda que los docentes participen en el diseño de las actividades, por medio de mesas de trabajo en las cuales se discutan aspectos metodológicos y didácticos.

4.3 CONTEXTO DE EXPERIENCIA-EXPERIMENTO

En el diseño de EE es fundamental contar con un contexto de interpretación, que permita realizar un análisis objetivo de resultados. En dicho contexto, Se debe garantizar que las actividades con estudiantes (experiencias) se realizan bajo las condiciones o lineamientos considerados en marco teórico que orienta las EE.

Considerando el trasfondo de Investigación Acción insustituible en el cual se diseña y desarrolla una EE guiada por la presente propuesta, se expone la **Fundamentación Teórica** requerido para contextualizar la acción y el análisis de resultados. De esta manera se cuenta con lineamientos conceptuales que orientan el proceso experimental, pero que al mismo tiempo se espera sean reformulados y enriquecidos como parte del ciclo de investigación propio de esta metodología, como se explica en el capítulo 1.

4.4 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE EXPERIENCIAS-EXPERIMENTO

Este marco teórico precisa aspectos que caracterizan el contexto para el cual se brindan aportes con el presente trabajo, seleccionando y profundizando aspectos identificados en la revisión teórica y antecedentes, considerados fundamentales para el diseño de EE.

4.4.1 PROPUESTA PARA LA DIFUSIÓN E LA DS EN LA ESCUELA

Dentro de la fundamentación teórica, *LA PROPUESTA PARA LA DIFUSIÓN DE LA DS EN LA ESCUELA* (NAVAS, 2006), se convierte en el documento que guía a manera general todo el proceso de integración de la DS en educación y por consiguiente el diseño de experimentos en este campo. Todos los conceptos adoptados en el diseño de EE, deben ser coherentes y estar asumidos en el marco de la propuesta de difusión de la DS en la escuela.

Integrar la DS a la educación, y con el uso de útiles computacionales, requiere de orientaciones teóricas y metodológicas que han sido articuladas por el grupo Simon en la *“Propuesta para la difusión de la DS en la escuela”*. Aquí se recogen y relacionan

hallazgos de tipo internacional y local, que enriquecen el marco conceptual para la investigación y suministran elementos para el acercamiento del diseño experimental formal al estudio de la DS en educación.

La propuesta para la difusión de la DS en la escuela, es una propuesta informática para la educación en el cambio basada en ambientes de modelado y simulación. Se expresa en términos de una propuesta de aplicación y difusión de la DS en la educación preescolar, básica y media colombiana.

A manera general, las siguientes ideas caracterizan la propuesta:

- ✓ Está dirigida a directivos, profesores, estudiantes y padres de familia.
- ✓ Se promueve el aprendizaje centrado en el aprendiz, los estudiantes asumen la responsabilidad de su aprendizaje.
- ✓ Los estudiantes actúan como investigadores y exploradores.
- ✓ Se considera que la DS proporciona a los estudiantes herramientas y un lenguaje común que permite el surgimiento y desarrollo de discusiones de sus modelos mentales sobre problemas complejos.
- ✓ Supone la formulación, difusión y aplicación de la DS en la escuela como una forma de participar en la dinámica de cambio, que reconoce a la educación colombiana como una en medio de la diversidad pedagógica, cultural y científica que la constituye. Cada individuo o institución que sea permeada por la propuesta debe experimentar cambios y reorientará su actuación o dinámicas, de esta manera, la escuela tendrá las siguientes transformaciones:
 - ✓ Sus profesores diseñarán actividades permitiendo a los estudiantes construir sus propios conocimientos, el profesor es un guía.
 - ✓ La DS mejorará las herramientas y formas de trabajo para integrar y revitalizar el programa de estudios existente.
 - ✓ Los estudiantes afrontarán situaciones problémicas analizándolas globalmente y luego buscarán el conocimiento necesario para tratarla en la vida real.
 - ✓ Los salones de clase estarán abiertos para padres de familia, otros profesores y estudiantes.

- ✓ Los estudiantes se involucran en sus comunidades y las comunidades en sus escuelas contribuyendo a la solución de problemas.
- ✓ La escuela será una organización que aprende.
- ✓ Los profesores serán aprendices, constructores y reconstructores del conocimiento.
- ✓ Los profesores estarán aprendiendo de los problemas y siempre estarán aprendiendo a aprender.
- ✓ La interdisciplinaridad estará determinada por el trabajo colaborativo y cooperativo entre profesores.
- ✓ La escuela vivirá el cambio.
- ✓ La escuela reconocerá la unidad en la diversidad étnica, cultural, ecológica, política, religiosa y científica.
- ✓ La escuela propenderá por la formación de sus profesores y estudiantes como buenos ciudadanos.
- ✓ La informática, las matemáticas y los lenguajes para la construcción y reconstrucción del conocimiento, como la DS, serán de manera integrada, herramientas para todos los profesores y áreas.

Por otra parte, se identifican tres tipos de experiencias a realizar con estudiantes usando modelos de simulación:

- ✓ Aprendizaje a la manera de de una experiencia real, solo experimenta usando el animador.
- ✓ Aprendizaje a partir de la experiencia real del otro, observando la correcta operación del simulador por el usuario experimentado.
- ✓ Aprendizaje con experiencias guiadas por el aprendizaje, es decir aprendizaje fundado en le conoci9miento, un hacer con fundamento en el saber (tecnología); experimentación con el animador, con el conocimiento del modelo que rige la simulación y del fenómeno simulado, simulación de caja transparente.

De igual manera, se reconocen cuatro tipos de usuarios de la DS:

- ✓ Usuario consciente de la presencia de la DS en los simuladores: sólo experimenta guiado por la interfaz (animadores). Simulación de caja negra.
- ✓ Usuario consciente del modelo: lee modelos de DS, demanda modelos, experimenta con conocimiento del modelo. Simulación de caja transparente.
- ✓ Usuario dinámico sistémico: reflexiona dinámica y sistémicamente, propone actividades con DS, lee, demanda y simula con conocimiento del modelo y su relación con el fenómeno que recrea.
- ✓ Usuario modelador de DS: reflexiona, piensa dinámico sistémicamente, construye modelos de DS y diseña actividades escolares con DS.

“...las labores de formación docente y actividades que se orienten para desarrollar en la escuela, se deben proponer con conocimiento explícito de las tres posibilidades de uso y de tipos de aprendizajes descritos....” (NAVAS, 2006).

Finalmente, para el desarrollo de las actividades con propósitos educativos, se propone el diseño de clases integradas caracterizadas por la sinergia entre la informática y otras disciplinas, haciendo uso de herramientas computacionales para simular o modelar con DS.

Mediante las clases integradas se presenta a los estudiantes situaciones problémicas que orientan la reflexión sobre el saber y la búsqueda de conocimiento. Dando respuesta a cuestionamientos planteados en forma de preguntas guías o generales y puntuales o específicas, se genera aprendizajes en los temas de las disciplinas involucradas asumiendo los recursos informáticos como instrumentos para la construcción de conocimiento (ANDRADE & FLÓREZ, 2009).

CLASES INTEGRADAS CON DINÁMICA DE SISTEMAS

Al diseñar una clase integrada con DS, se debe reconocer que el software construido con fines educativos tiene, de manera implícita, una propuesta educativa y un enfoque pedagógico, de tal manera que su uso lleva a promover una idea (modelo mental) de la educación y del aprender (ANDRADE & NAVAS, 2002) y (ANDRADE & NAVAS, 2003).

de las fuentes de información (explicaciones) que han sido construidas por la humanidad a través de su historia. De esta manera, se dan respuestas a la pregunta de investigación y se producen nuevos interrogantes, esto es lo que comúnmente sucede en el ambiente escolar.

Sin embargo, no siempre la interacción con el fenómeno y con las fuentes de información es suficiente para responder la pregunta de investigación con un nivel de comprensión y aprendizaje profundo (ANDRADE & NAVAS, 2002). En este momento es cuando el modelado y la simulación, mediante la experimentación, permitirá la construcción de nuevos procesos de aprendizaje formal y duradero; así, se brindan aportes de la pregunta de investigación, con transformación en los modelos mentales de los estudiantes, a través de un proceso continuo e iterativo.

4.4.2 ¿CÓMO USAR LA DS CON ESTUDIANTES EN EDAD ESCOLAR?

Para responder la pregunta *sobre ¿cómo usar la DS con estudiantes?*, se requiere abordar los siguientes aspectos y construir un marco conceptual específico para cada estudio, a partir de los resultados obtenidos:

- ✓ Identificación de escenarios o actividades en las cuales el modelado y la simulación aportan al desarrollo de aprendizajes.
- ✓ Contextualización del uso de DS al desarrollo cognitivo de los estudiantes y al contenido curricular definido para cada nivel académico.
- ✓ Definición de la forma en que va a ser usado el modelado y la simulación, identificando complejidad estructural de los modelos, tipos de experimentos de simulación, recursos y actividades a realizar.

A continuación se ofrecen conceptos y reflexiones que ayudan el abordaje de los tres aspectos mencionados anteriormente.

4.4.2.1 ACTIVIDADES GENERALES CON DINÁMICA DE SISTEMAS

Para la identificación de escenarios o actividades en los que el M y S con DS se hacen pertinente, es importante considerar que en la *propuesta para la difusión de la DS en la escuela* (NAVAS, 2006), se proponen dos tipos de actividades generales para el uso e integración de la DS en educación. Estas actividades se realizan con el uso de ambientes informáticos en escenarios donde se hace fundamental la relación entre profesor y estudiantes.

Las primeras actividades están orientadas al uso de DS para apoyar procesos de aprendizaje y las segundas para incrementar el dominio de la DS en cada uno de sus lenguajes y paradigmas de pensamiento.

Además, se identifican cuatro tipos de posibilidades para el uso de los modelos construidos con DS en aplicaciones computacionales:

- ✓ *Usuario consciente de la presencia de la DS en los simuladores:* sólo experimenta guiado por la interfaz (animadores). Simulación de caja gris.
- ✓ *Usuario consciente del modelo:* lee modelos de DS, demanda modelos, experimenta con conocimiento del modelo. Simulación de caja transparente.
- ✓ *Usuario dinámico sistémico:* reflexiona dinámica y sistémicamente, propone actividades con DS, lee, demanda y simula con conocimiento del modelo y su relación con el fenómeno que recrea.
- ✓ *Usuario modelador de DS:* reflexiona, piensa dinámico sistémicamente, construye modelos de DS y diseña actividades escolares con DS.

4.4.2.2 HABILIDADES DE PENSAMIENTO CON DINÁMICA DE SISTEMAS

En el ejercicio de contextualización de la DS en la escuela, los siguientes aportes ilustran la forma y el momento en que pueden ser abordados los diferentes conceptos asociados al PDS.

Se presentan las habilidades de pensamiento o competencias de DS o con DS, que pueden ser promovidas en los estudiantes de acuerdo a su nivel escolar y edad.

(STUNTZ, LYNEIS, & RICHARDSON, 2002) Publican reflexiones y conclusiones de la conferencia de Essex, Massachusetts en junio de 2001. A partir de las experiencias vividas por profesores e investigadores de DS, se propone una estrategia para incorporar la DS en K-12 enmarcada en un plan de implementación a 25 años.

Las habilidades de pensamiento a promover en estudiantes están categorizadas así:

a) En preescolar:

- ✓ Reconoce patrones de cambio.
- ✓ Identifica acumulaciones.
- ✓ Participa en simulaciones en el salón de clase, juegos.

b) En primero:

- ✓ Entiende comportamientos a través de gráficas de tiempo.
- ✓ Entiende diagramas de Flujo-Nivel básicos, con un nivel.
- ✓ A partir de una actividad, representa datos en una gráfica lineal.
- ✓ Discute causas de cambio.
- ✓ Discute retardos.

c) En segundo:

- ✓ Compara pendientes de comportamientos en gráficas de tiempo con diferentes tasas de crecimiento.
- ✓ Grafica historias de literatura con gráfica de comportamientos a través del tiempo.
- ✓ Discute ciclos causales de realimentación simples.
- ✓ Identifica ciclos de realimentación positiva y negativa.
- ✓ Discute patrones de crecimiento exponencial.

d) En tercero:

- ✓ Usa un modelo en computador de simulación simple con DS, basado en una simulación en el salón de clase y graficando actividades.
- ✓ Discute el concepto de un modelo como una representación de la realidad.
- ✓ Usa gráfica de comportamiento en el tiempo con dos variables y puede inferir causalidades.
- ✓ Crea ciclos de realimentación simples a partir de historias.
- ✓ Analiza gráficas de artículos de periódicos.

e) En cuarto:

- ✓ En grupos y con orientación del profesor, construye modelos lineales con un nivel.
- ✓ Hace predicciones antes de correr un modelo.
- ✓ Genera gráficas de comportamiento independientemente en muchas aplicaciones.
- ✓ Distingue entre patrones de crecimiento lineal y exponencial en gráficas y estructuras.
- ✓ Reconoce patrones de oscilación.

f) En quinto y sexto:

- ✓ Construye de manera independiente modelos lineales con un nivel y realimentados.
- ✓ Explora las relaciones entre estructura y comportamiento.
- ✓ Explora transferencia de estructuras, reconoce que las mismas estructuras básicas aparecen en diferentes contextos.
- ✓ Dibuja de manera independiente diagramas de ciclo causal con múltiples ciclos; Etiqueta ciclos de estabilidad.
- ✓ Con la dirección del profesor, usa gráficas de funciones para capturar relaciones no lineales.

g) En séptimo y octavo:

- ✓ Usa/construye modelos con 2 y 3 niveles.
- ✓ Aplica simulación para la consideración de temas globales.
- ✓ Discute cómo los ciclos dominan efectos del comportamiento.
- ✓ Usa gráficas de comportamiento en el tiempo y diagramas de ciclos causales para organizar y presentar un escrito.
- ✓ Usa integración de gráficas para entender la simulación.
- ✓ Usa simulaciones a lápiz para entender intervalos de solución, dt.

h) En noveno y décimo:

- ✓ Explica el funcionamiento de segmentos de comportamiento de los modelos más grandes.

- ✓ A partir de modelos, Sugiere y justifica políticas usando escritos y presentaciones.
- ✓ Aplica un modelo con un nivel estructural simple o moderado, a otras disciplinas o problemas; reconoce y transfiere aprendizajes a otras disciplinas.
- ✓ Predice el comportamiento del sistema observando la estructura.
- ✓ Usa el lenguaje de modelado para describir y explicar la estructura dinámica en nuevos escritos.
- ✓ Construye colaborativamente modelos sobre problemas del mundo real.

i) En once y doce:

- ✓ Identifica un problema real en una comunidad y aplica la metodología de la dinámica de sistemas para dar solución.
- ✓ Presenta resultados y puntos de vista para un auditorio fuera del colegio.
- ✓ Defiende políticas basado en análisis y puntos de vista.
- ✓ Re examina políticas y modelos en respuesta a las críticas.

(FISHER, 2011) Complementa las ideas anteriores presentando conclusiones y recomendaciones para el uso de la DS en educación, definidas a partir de las experiencias vividas por profesores en varios colegios de los Estados Unidos, con estudiantes entre los 5 y 18 años de edad.

A continuación se presentan las recomendaciones para incluir o usar en el proceso de aprendizaje escolar algunos conceptos de DS.

a) En los primeros años escolares (5-10 años de edad)

Se concluye que un estudiante perteneciente a este rango de edad, puede entender y operar con conceptos como:

- ✓ Exploración de manera superficial su modelo mental.
- ✓ Cambios en el tiempo.
- ✓ Interconexiones simples.
- ✓ Causalidad circular.
- ✓ Realimentación positiva.
- ✓ Realimentación Negativa.

- ✓ Consecuencias no deseadas.
- ✓ Acumulaciones y flujos.
- ✓ Dibujo de diagramas simples de Flujo-Nivel.
- ✓ Estructura genéricas pequeñas (lineal, exponencial).
- ✓ Uso y construcción de varias simulaciones simples.
- ✓ Dinámicas poblacionales simples.
- ✓ Arquetipo: escalabilidad.
- ✓ Arquetipo: solución a fallas.
- ✓ Horizontes de tiempo y la idea general de retardos.
- ✓ Observación a problemas desde múltiples perspectivas.

Se recomienda abordar los conceptos anteriores, mediante el uso de “historias”, que posteriormente serán ilustradas por medio de graficas en el plano, usando palabras en lugar de las escalas numéricas. De esta manera un cambio dinámico es seguido a través de la narrativa.

b) En los años escolares intermedios (11-14 años de edad)

Además de los conceptos que se recomiendan trabajar con los niños en los primeros años, se adicionan los siguientes para este rango de edades:

- ✓ Estructuras generales de comportamiento.
- ✓ Crecimiento/decrecimiento exponencial vs lineal.
- ✓ Duplicar el tiempo/reducir a la mitad el tiempo.
- ✓ Construir sistemas dinámicos de simulación con dos niveles.
- ✓ Relación entre causalidad y polaridad.
- ✓ Búsqueda de objetivos en estructura genéricas.
- ✓ Estructuras de crecimiento en forma de S.
- ✓ Ciclos de realimentación múltiple.
- ✓ Dominancia de ciclos.
- ✓ Equilibrio.
- ✓ Límites.
- ✓ Límites en el crecimiento.

- ✓ Dinámica de infección.
- ✓ Influencia.
- ✓ Arquetipo: tragedia de los comunes.
- ✓ Arquetipo: éxito para el exitoso.
- ✓ Arquetipo: objetivos a la deriva.
- ✓ Arquetipo: cambio de carga (adición).

El objetivo final del estudio de estos conceptos, es que el pueda responder a las siguientes preguntas:

- ✓ ¿Qué está cambiando?
- ✓ ¿Cómo es este cambio?
- ✓ ¿Por qué es este cambio?
- ✓ ¿Qué más cambia de esta manera?

c) En los años escolares finales (15-18 años de edad)

El objetivo relevante en las actividades diseñadas para este nivel escolar es conducir a los estudiantes a una evaluación de sus hipótesis sobre cómo trabajan los sistemas.

La idea principal es el cambio en los modelos mentales mediante experimentos de simulación con computadora, que permitan validar o refutar las hipótesis de los estudiantes.

Para este grupo de estudiantes se adicionan los siguientes conceptos:

- ✓ Overshoot and collapse.
- ✓ Oscilaciones.
- ✓ Diseño gráfico de funciones para efectos no lineales.
- ✓ Importancia en la consistencia de unidades.
- ✓ Ciclos de cambio dominantes y el rol de la no linealidad.
- ✓ Puntos de inflexión.
- ✓ Modelamiento de retardos de información y de material.
- ✓ Inestabilidad de retardos en realimentación de balanceo.

- ✓ Estructuras de transferibilidad (isomorfismos)
- ✓ Comienzo de un modelo en equilibrio.
- ✓ Análisis sistémico de las noticias.
- ✓ Integración gráfica.
- ✓ Formalización de las relaciones entre acumulaciones, tasas de cambio, y cambio en tasas de cambio.
- ✓ Visión compartida y cambio organizacional.
- ✓ Construcción y uso de modelos de DS más sofisticados.
- ✓ Determinación de influencias altas en modelos de DS.
- ✓ Evaluación de políticas potenciales usando modelos de DS.
- ✓ Explicación aprendizaje/profundo de modelos de DS.

Estas ideas finalmente orientan la manera y complejidad en que pueden ser trabajados los modelos desarrollados con DS con estudiantes en los diferentes niveles escolares.

4.4.3 ¿QUÉ OBSERVAR DURANTE UNA EXPERIENCIA EXPERIMENTO?

Después de definir la forma, recursos y complejidad de los modelos de DS a ser usados en el aula de clase, por medio de una actividad integrada, se debe definir los criterios de observación que conducirán el ejercicio experimental en la EE; Es decir, se debe definir con claridad cuáles son los aportes que pueden ser obtenidos de la DS en determinado contexto educativo.

A partir de las experiencias internacionales y del trabajo investigativo y reflexiones al interior del grupo Simon, se descubren elementos que pueden orientar la observación selectiva requerida.

En la “*Propuesta para la difusión de la DS en la escuela*” (NAVAS, 2006), se incluyen los siguientes aportes generales que brinda la DS al estudiante:

Un estudiante formado en un ambiente educativo que integre la DS al contexto escolar, desarrollará habilidades de pensamiento sistémico como:

- ✓ **Pensamiento dinámico**: identifica patrones de comportamiento; ve patrones de cambio en el tiempo, más que eventos aislados. Ven en las trayectorias temporales

de los elementos del sistema, la historia de su comportamiento dinámico. La gráficas y las tablas de datos que le corresponde, tienen sentido en la medida que dan cuenta de la historia del sistema.

- ✓ ***Pensamiento en términos de causalidad:*** reconoce que los problemas y sus soluciones están dentro del sistema, no fuera de éste. Entiende que unas son las manifestaciones y otras las causas profundas que determinan lo que se manifiesta. Que las causas pueden estar distantes en el tiempo y en el espacio de sus efectos (manifestaciones) y generalmente son múltiples. En n sentido más amplio, comprende la idea de influencia para contemplar tanto lo que se puede definir como causa, como lo que constituyen condiciones necesarias para que se de cierta dinámica de comportamiento del fenómeno.
- ✓ ***Pensamiento operacional:*** aprecia y entiende cómo la estructura causal del sistema se refleja en su comportamiento, y comprende que la estructura básica se puede aplicar a todos los sistemas. Entiende los conceptos de flujo y nivel, y la relación entre los mismos.
- ✓ ***Pensamiento de ciclo cerrado:*** reconoce la realimentación. Una acción tiene consecuencias que pueden influir en nuevas acciones.
- ✓ ***Pensamiento no lineal (no secuencial):*** reconoce que los ciclos de realimentación interactúan para producir respuestas cambiantes a lo largo del tiempo.
- ✓ ***Pensamiento cuantitativo:*** considera e incluye todas las variables, aúna aquellas que no pueden ser medidas en unidades estándares.
- ✓ ***Pensamiento científico:*** reconoce que todos los modelos contemplan y operan con hipótesis que son construidas, probadas y refinadas rigurosamente.

Además, con un plan de estudios que favorezca procesos de aprendizaje y prácticas de los principios de la DS, el estudiante podrá desarrollar actitudes y comportamientos de PDS, como:

- ✓ Disponibilidad para trabajar en equipo, en la búsqueda de soluciones a problemas del mundo.
- ✓ Reconocimiento del modelo mental del otro, así no se esté de acuerdo.
- ✓ Paciencia y persistencia en la solución de problemas.
- ✓ Construcción de aprendizaje, con profundidad y conocimiento de lo aprendido.

- ✓ Actitud reflexiva. Voluntad para examinar y cambiar sus propias apreciaciones y conclusiones. (Meta-cognición).
- ✓ Aceptación cuando no se está en la respuesta correcta.
- ✓ Capacidad para reconocer el error y aprender de éste.
- ✓ Reconocimiento de sí mismo como un ser integral y parte de un gran sistema, con parte de responsabilidad en el bien común.
- ✓ Uso de la comprensión de un sistema para actuar sobre los problemas con coraje, confianza y esperanza.
- ✓ Extensión del horizonte. Una sospecha de que las soluciones fáciles, basadas en poca comprensión y políticas de corto plazo, a pesar de sus beneficios inmediatos, son perjudiciales a largo plazo.
- ✓ Habilidad para narrar del pasado al presente y del presente al futuro. Habilidad para leer a través del presente y reconocer patrones de comportamiento (Pensamiento dinámico).
- ✓ Interioriza todos estos principios para informar sobre las acciones e interactuar con otros.
- ✓ Habilidad para aprender aprendiendo, de manera profunda, comprensiva y con sentido autónomo y duradero. Aprendizaje que transforma al aprendiz, mediante la transformación de sus modelos mentales.
- ✓ Reconocimiento de la diversidad y búsqueda de la unidad enriqueciendo la diversidad misma.
- ✓ Actúan en su comunidad como un buen ciudadano.

Dando continuidad al trabajo del grupo SIMON, en el libro Tecnología Informática en la Escuela (ANDRADE & FLÓREZ, 2009), se presentan orientaciones para la incorporación formal de la DS en el currículo, que permitirán en las EE una observación más específica apoyada en criterios e indicadores estandarizados a nivel nacional e internacional.

Así, se orienta la articulación de los estándares de competencias formulados para las diferentes áreas que sumen el reto de aprender con MS usando DS. De igual manera

se presentan competencias para la formación de pensadores dinámicos sistémicos, en el proceso de lograr el dominio de los lenguajes de la DS.

A continuación se presentan competencias de los estándares formulados por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia, que pueden ser promovidos en el contexto del dominio y uso del MyS con DS. De esta manera se aprecia la pertinencia del uso de esta tecnología de innovación en el contexto local.

a) En educación Preescolar

Para este nivel escolar las competencias se clasifican por dimensiones.

✓ ***Dimensión socio-afectiva:***

- Expresar emociones y sentimientos.
- Tener seguridad de sus acciones.
- Tomar decisiones.
- Valorar sus acciones y comportamiento.
- Reconocer esquemas de convicciones morales y de formas de relacionarse con los demás.

✓ ***Dimensión corporal:***

- Relacionar su corporalidad con el otro y lo acepta en sus semejanzas y diferencias.
- Reflejar y explicar su participación dinámica en las actividades de grupo.
- Se orienta en el espacio y ubica diferentes objetos relacionándolos entre sí y consigo mismo.
- Expresa y representa corporalmente emociones, situaciones escolares y experiencias en su entorno.
- Participa, se integra y coopera en actividades lúdicas en forma creativa, de acuerdo con su edad.

✓ ***Dimensión cognitiva:***

- Identifica las características de los objetos, los clasifica y los ordena de acuerdo con distintos criterios.

- Compara pequeñas colecciones de objetos, estableciendo relaciones como “hay más que.... “hay menos que... “hay tantos como...”.
- Establece relaciones con el medio ambiente, con los objetos de su realidad y con las actividades que desarrollan las personas de su entorno.
- Muestra curiosidad por comprender el mundo físico, el natural y el social a través de la observación, la exploración, la comparación, la confrontación y la reflexión.
- Utiliza de manera creativa sus experiencias, nociones y competencias para encontrar caminos de resolución de problemas y situaciones de la vida cotidiana y satisfacer sus necesidades.
- Interpreta imágenes, carteles y fotografías.

✓ ***Dimensión comunicativa:***

- Narra textos sencillos tales como descripciones y cuentos breves.
- Formula y responde preguntas según sus necesidades de comunicación.
- Hace conjeturas sencillas, previas a la comprensión de textos y de otras situaciones.
- Comunica sus emociones y vivencias a través de lenguajes y medios gestuales, verbales, gráficos y plásticos.
- Participa en diálogos y otras interacciones asumiendo e intercambiando diferentes roles.
- Utiliza el lenguaje para establecer diferentes relaciones con los demás.

✓ ***Dimensión estética:***

- Demuestra sensibilidad e imaginación en su relación espontánea y cotidiana con los demás, con la naturaleza y con su entorno.
- Explora diferentes lenguajes artísticos para comunicar su visión particular del mundo, utilizando materiales variados.
- Muestra interés y participa gozosamente en las actividades grupales.

✓ ***Dimensión ética:***

- Sentido de pertenecía.
- Elementos de identidad.
- Autonomía comportamental acorde a su nivel.

- Autonomía moral, distinguiendo lo correcto de lo incorrecto.
- Construcción de una imagen de sí mismo.
- Participa, se integra y coopera en juegos y actividades grupales que permiten reafirmar su yo.
- Manifiesta en su actividad cotidiana el reconocimiento y la aceptación de diferencias entre personas.
- Disfruta de pertenecer a un grupo, manifiesta respeto por sus integrantes y goza de aceptación.
- Toma decisiones a su alcance por iniciativa propia y asume responsabilidades que llevan al bienestar en el aula.
- Participa en la elaboración de normas para la convivencia y se adhiere a éstas.
- Expresa y vive sus sentimientos y conflictos de manera libre y espontánea, exteriorizándolos a través de narraciones de historietas personales, proyectándolos en personajes reales e imaginarios, dramatizaciones, pinturas o similares.
- Colabora con los otros en la solución de un conflicto que se presente en situaciones de juego y valora la colaboración como posibilidad para que todas las partes ganen.

b) En educación básica y media

En este grupo las competencias se organizan por áreas y niveles.

i. Área de Lenguaje:

✓ ***Al terminar tercer grado:***

- Describo personas, objetos, lugares entre otros, de forma detallada.
- Describo eventos de manera secuencial.
- Elaboro instrucciones que evidencian secuencias lógicas en la realización de acciones.
- Expongo y defiendo mis ideas en función de la situación comunicativa.
- Busco información en distintas fuentes: personas, medios de comunicación, libros, entre otras.

- Elaboro un plan para organizar mis ideas.
 - Desarrollo un plan textual para la producción de un texto descriptivo.
 - Reviso, socializo y corrijo mis escritos, teniendo en cuenta las propuestas de mis compañeros y profesor.
 - Leo diferentes clases de textos, manuales, tarjetas, afiches, cartas, periódicos, entre otros.
 - Identifico los formatos de los textos que leo.
 - Elaboro hipótesis del sentido global de los textos.
 - Elaboro resúmenes y esquemas que dan cuenta del sentido de un texto.
 - Comparo textos de acuerdo con sus formatos, temáticas y funciones.
 - Elaboro y socializo hipótesis predictivas acerca del contenido de los textos.
 - Recreo relatos y cuentos cambiando personajes, ambientes, hechos y épocas.
 - Identifico la forma de información que emiten los medios de información masiva y la forma de presentarla.
 - Expongo oralmente lo que me dicen mensajes cifrados, en pictogramas, jeroglíficos, entre otros.
 - Ordeno y completo secuencias de una historia.
 - Relaciono gráficas con texto escrito, ya sea completándolo o explicándolo.
 - Identifico la intención de quien produce un texto.
- ✓ ***Al terminar quinto grado:***
- Organizo mis ideas para producir un texto oral, teniendo en cuenta mi realidad y mis propias experiencias.
 - Elaboro un plan para la exposición de mis ideas.
 - Selecciono el léxico apropiado y acomodo mi estilo al plan de exposición así como al contexto educativo.
 - Elijo un tema para producir un texto escrito, teniendo en cuenta un propósito, las características del interlocutor y las exigencias del contexto.
 - Reescribo el texto a partir de las propuestas de corrección formuladas por mis compañeros, mi profesor y por mí mismo.

- Determino algunas estrategias para buscar, seleccionar y almacenar información: resúmenes, cuadros sinópticos, mapas conceptuales, fichas, entre otros.
- Establezco diferencias y semejanzas entre la estrategia de búsqueda, selección y almacenamiento de la información.
- Utilizo estrategias de búsqueda, selección y almacenamiento de la información para mis procesos de producción y comprensión textual.
- Propongo hipótesis predictivas acerca de un texto literario partiendo del título, tipo de texto, época de la producción entre otros.
- Relaciono las hipótesis predictivas que surgen de los textos que leo, con su contexto y con otros textos.
- Entiendo las obras no verbales como producto de las comunidades humanas.
- Reconozco y uso códigos no verbales en situaciones comunicativas auténticas.

✓ ***Al terminar séptimo grado:***

- Formulo una hipótesis para demostrarla en un texto oral con fines argumentativos.
- Llevo a cabo procedimientos de búsqueda, selección y almacenamiento de la información acerca de la temática que voy a tratar en un texto con fines argumentativos.
- Elaboro un plan textual jerarquizando la información obtenida de diversas fuentes.
- Utilizo estrategias descriptivas para producir textos orales con fines argumentativos.
- Establezco relaciones de semejanza y diferencia entre los diversos tipos de texto que he leído.
- Identifico las principales características formales del texto: formatos de presentación, títulos, gráficas, capítulos, organización, entre otros.
- Relaciono la forma y el contenido de los textos que leo y muestro cómo se influyen mutuamente.

- Establezco relaciones de semejanza y diferencia entre los diversos tipos de texto que he leído.
- Interpreto y clasifico textos provenientes de la tradición oral tales como coplas, leyendas, relatos mitológicos, canciones, proverbios, refranes, parábolas, entre otros.
- Caracterizo rasgos específicos que consolidan la tradición oral, como: origen, autoría colectiva, función social, uso del lenguaje, evolución, recurrencias temáticas.
- Establezco relaciones entre los textos provenientes de la tradición oral y otros textos en cuanto a temas, personajes, lenguaje, entre otros aspectos.
- Comprendo elementos constitutivos de obras literarias, tales como tiempo, espacio, función de los personajes, lenguaje, atmósferas, diálogos, escenas, entre otros.
- Formulo hipótesis de comprensión acerca de las obras literarias que leo teniendo en cuenta género, temática, época y región.
- Recopilo en fichas, mapas, gráficos y cuadros la información que he obtenido de los medios de comunicación masiva.
- Organizo (mediante ordenación alfabética, temática, de autores, medio de difusión, entre muchas otras posibilidades) la información recopilada y la almaceno de tal forma que la pueda consultar cuando lo requiera.
- Cotejo obras no verbales con las descripciones y explicaciones que se han formulado acerca de dichas obras.
- Comparo el sentido que tiene el uso del espacio y de los movimientos corporales en situaciones comunicativas cotidianas, con el sentido que tienen en obras artísticas.
- Propongo hipótesis de interpretación de espectáculos teatrales, obras pictóricas, escultóricas, arquitectónicas, entre otras.
- Caracterizo el contexto cultural del otro y lo comparo con el mío.

- Identifico en situaciones comunicativas auténticas algunas variantes lingüísticas de mi entorno, generadas por ubicación geográfica, diferencia social o generacional, profesión, oficio, entre otras.
 - Evidencio que las variantes lingüísticas encierran una visión particular del mundo.
 - Reconozco que las variantes lingüísticas y culturales no impiden respetar al otro como interlocutor válido.
- ✓ ***Al terminar noveno grado:***
- Organizo previamente las ideas que deseo exponer y me documento para sustentarlas.
 - Identifico y valoro los aportes de mi interlocutor y del contexto en el que expongo mis ideas.
 - Caracterizo y utilizo estrategias descriptivas y explicativas para argumentar mis ideas, valorando y respetando las normas básicas de la comunicación.
 - Utilizo el discurso oral para establecer acuerdos a partir del reconocimiento de los argumentos de mis interlocutores y la fuerza de mis propios argumentos.
 - Diseño un plan textual para la presentación de mis ideas, pensamientos y saberes en los contextos en que así lo requiera.
 - Utilizo un texto explicativo para la presentación de mis ideas, pensamientos y saberes, de acuerdo con las características de mi interlocutor y con la intención que persigo al producir el texto.
 - Identifico estrategias que garantizan coherencia, cohesión y pertinencia del texto.
 - Elaboro una primera versión de un texto explicativo atendiendo a los requerimientos estructurales, conceptuales y lingüísticos.
 - Reescribo el texto, a partir de mi propia valoración y del efecto causado por éste en mis interlocutores.

- Comprendo el sentido global de cada uno de los textos que leo, la intención de quien lo produce y las características del contexto en el que se produce.
 - Infiero otros sentidos en cada uno de los textos que leo, relacionándolos con su sentido global y con el contexto en el cual se han producido, reconociendo rasgos sociológicos, ideológicos, científicos y culturales.
 - Identifico rasgos culturales y sociales en diversas manifestaciones del lenguaje no verbal: música, pintura, escultura, arquitectura, mapas y tatuajes, entre otros.
 - Reconozco el lenguaje como capacidad humana que configura múltiples sistemas simbólicos y posibilita los procesos de significar y comunicar.
- ✓ ***Al terminar undécimo grado:***
- Caracterizo y utilizo estrategias descriptivas, explicativas y analógicas en mi producción de textos orales y escritos.
 - Evidencio en mis producciones textuales el conocimiento de los diferentes niveles de la lengua y el control sobre el uso que hago de ellos en contextos comunicativos.
 - Produzco ensayos de carácter argumentativo en los que desarrollo mis ideas con rigor y atendiendo a las características propias del género.
 - Elaboro hipótesis de interpretación atendiendo a la intención comunicativa y al sentido global del texto que leo.
 - Relaciono el significado de los textos que leo con los contextos sociales, culturales y políticos en los cuales se han producido.
 - Diseño un esquema de interpretación, teniendo en cuenta al tipo de texto, tema, interlocutor e intención comunicativa.
 - Construyo reseñas críticas acerca de los textos que leo.
 - Asumo una actitud crítica frente a los textos que leo y elaboro, y frente a otros tipos de texto: explicativos, descriptivos y narrativos.
 - Identifico en obras de la literatura universal el lenguaje, las características formales, las épocas y escuelas, estilos, tendencias, temáticas, géneros y autores, entre otros aspectos.

- Comprendo en los textos que leo las dimensiones éticas, estéticas, filosóficas, entre otras, que se evidencian en ellos.
- Comparo textos de diversos autores, temas, épocas y culturas y utilizo los recursos de la teoría literaria para enriquecer su interpretación.
- Infiero las implicaciones de los medios de comunicación masiva en la conformación de los contextos sociales, culturales, políticos, etc., del país.
- Analizo los mecanismos ideológicos que subyacen a la estructura de los medios de información masiva.
- Asumo una posición crítica frente a los elementos ideológicos presentes en dichos medios y analizo su incidencia en la sociedad actual.
- Analizo las implicaciones culturales, sociales e ideológicas de manifestaciones humanas como los grafitis, la publicidad, los símbolos patrios, las canciones, los caligramas, entre otros.
- Explico cómo los códigos verbales y no verbales se articulan para generar sentido en obras cinematográficas, canciones y caligramas, entre otras.
- Produzco textos, empleando lenguaje verbal o no verbal, para exponer mis ideas o para recrear realidades, con sentido crítico.
- Identifico, caracterizo y valoro diferentes grupos humanos teniendo en cuenta aspectos étnicos, lingüísticos, sociales y culturales, entre otros, del mundo contemporáneo.
- Respeto la diversidad de criterios y posiciones ideológicas que surgen en los grupos humanos.
- Utilizo el diálogo y la argumentación para superar enfrentamientos y posiciones antagónicas.
- Argumento, en forma oral y escrita, acerca de temas y problemáticas que puedan ser objeto de intolerancia, segregación, señalamientos, etc.

ii. Área de Ciencias Sociales:

✓ ***Al terminar el tercer grado***

- Me reconozco como ser social e histórico, miembro de un país con diversas etnias y culturas, con un legado que genera identidad nacional.

- Reconozco la interacción entre el ser humano y el paisaje en diferentes contextos e identifico las acciones económicas y las consecuencias que resultan de esta relación.
- Me identifico como un ser humano único, miembro de diversas organizaciones sociales y políticas necesarias para el bienestar y el desarrollo personal y comunitario; reconozco que las normas son acuerdos básicos que buscan la convivencia pacífica en la diversidad.
- ✓ ***Al terminar quinto grado:***
 - Reconozco que tanto los individuos como las organizaciones sociales se transforman con el tiempo, construyen un legado y dejan huellas que permanecen en las sociedades actuales.
 - Reconozco algunas características físicas y culturales de mi entorno, su interacción y las consecuencias sociales, políticas y económicas que resultan de ellas.
 - Reconozco la utilidad de las organizaciones político-administrativas y sus cambios a través del tiempo como resultado de acuerdos y conflictos.
- ✓ ***Al terminar séptimo grado:***
 - Reconozco y valoro la presencia de diversos legados culturales –de diferentes épocas y regiones– para el desarrollo de la humanidad.
 - Analizo cómo diferentes culturas producen, transforman y distribuyen recursos, bienes y servicios de acuerdo con las características físicas de su entorno.
 - Reconozco algunos de los sistemas políticos que se establecieron en diferentes épocas y culturas y las principales ideas que buscan legitimarlos.
- ✓ ***Al terminar noveno grado:***
 - Identifico el potencial de diversos legados sociales, políticos, económicos y culturales como fuentes de identidad, promotores del desarrollo y fuentes de cooperación y conflicto en Colombia.

- Reconozco y analizo la interacción permanente entre el espacio geográfico y el ser humano y evaluó críticamente los avances y limitaciones de esta relación.
- Analizo críticamente los elementos constituyentes de la democracia, los derechos de las personas y la identidad en Colombia.
- ✓ ***Al terminar undécimo grado:***
 - Identifico algunas características culturales y sociales de los procesos de transformación que se generaron a partir del desarrollo político y económico de Colombia y el mundo a lo largo del siglo XX.
 - Identifico y tomo posición frente a las principales causas y consecuencias políticas, económicas, sociales y ambientales de la aplicación de las diferentes teorías y modelos económicos en el siglo XX y formulo hipótesis que me permitan explicar la situación de Colombia en este contexto.
 - Comprendo que el ejercicio político es el resultado de esfuerzos por resolver conflictos y tensiones que surgen en las relaciones de poder entre los Estados y en el interior de ellos mismos.
- iii. Área de Ciencias Naturales:
 - ✓ ***Al terminar tercer grado:***
 - Me identifico como un ser vivo que comparte algunas características con otros seres vivos y que se relaciona con ellos en un entorno en el que todos nos desarrollamos.
 - Reconozco en el entorno fenómenos físicos que me afectan y desarrollo habilidades para aproximarme a ellos.
 - Valoro la utilidad de algunos objetos y técnicas desarrollados por el ser humano y reconozco que somos agentes de cambio en el entorno y en la sociedad.
 - ✓ ***Al terminar quinto grado:***
 - Identifico estructuras de los seres vivos que les permiten desarrollarse en un entorno y que puedo utilizar como criterios de clasificación.
 - Me ubico en el universo y en la Tierra e identifico características de la materia, fenómenos físicos y manifestaciones de la energía en el entorno.

- Identifico transformaciones en mi entorno a partir de la aplicación de algunos principios físicos, químicos y biológicos que permiten el desarrollo de la tecnología.
- ✓ ***Al terminar séptimo grado:***
 - Identifico condiciones de cambio y de equilibrio en los seres vivos y en los ecosistemas.
 - Establezco relaciones entre las características macroscópicas y microscópicas de la materia y las propiedades físicas y químicas de las sustancias que la constituyen.
 - Evalúo el potencial de los recursos naturales, la forma como se han utilizado en desarrollos tecnológicos y las consecuencias de la acción del ser humano sobre ellos.
- ✓ ***Al terminar noveno grado:***
 - Explico la variabilidad en las poblaciones y la diversidad biológica como consecuencia de estrategias de reproducción, cambios genéticos y selección natural.
 - Conservación en diversos sistemas, teniendo en cuenta transferencia y transporte de energía y su interacción con la materia.
 - Identifico aplicaciones de algunos conocimientos sobre la herencia y la reproducción al mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones.
 - Identifico aplicaciones comerciales e industriales del transporte de energía y de las interacciones de la materia.
- ✓ ***Al terminar undécimo grado:***
 - Explico la diversidad biológica como consecuencia de cambios ambientales, genéticos y de relaciones dinámicas dentro de los ecosistemas.
 - Relaciono la estructura de las moléculas orgánicas e inorgánicas con sus propiedades físicas y químicas y su capacidad de cambio químico.
 - Explico las fuerzas entre objetos como interacciones debidas a la carga eléctrica y a la masa.

- Utilizo modelos biológicos, físicos y químicos para explicar la transformación y conservación de la energía.
- Identifico aplicaciones de diferentes modelos biológicos, químicos y físicos en procesos industriales y en el desarrollo tecnológico; analizo críticamente las implicaciones de sus usos.

IV. Área de Matemáticas:

- ✓ Formular, plantear, transformar y resolver problemas a partir de situaciones de la vida cotidiana, de las otras ciencias y de la matemática misma. Ello requiere analizar la situación; identificar lo relevante en ésta; establecer relaciones entre sus componentes y con situaciones semejantes; formarse modelos mentales de ésta y representarlos externamente en distintos registros; formular distintos problemas, posibles preguntas y posibles respuestas que surjan a partir de ésta. Este proceso general requiere del uso flexible de conceptos, procedimientos y diversos lenguajes para expresar las ideas matemáticas pertinentes y para formular, reformular, tratar y resolver los problemas asociados a dicha situación. Estas actividades también integran el razonamiento, en tanto exigen formular argumentos que justifiquen los análisis y procedimientos realizados y la validez de las soluciones propuestas.
- ✓ Utilizar diferentes registros de representación o sistemas de notación simbólica para crear, expresar y representar ideas matemáticas; para utilizar y transformar dichas representaciones y, con ellas, formular y sustentar puntos de vista. Es decir, dominar con fluidez distintos recursos y registros del lenguaje cotidiano y de los distintos lenguajes matemáticos.
- ✓ Usar la argumentación, la prueba y la refutación, el ejemplo y el contraejemplo, como medios de validar y rechazar (para otros confirmar ó refutar) conjeturas, y avanzar en el camino hacia la demostración.
- ✓ Dominar procedimientos y algoritmos matemáticos y conocer cómo, cuándo y por qué usarlos de manera flexible y eficaz. Así se vincula la habilidad procedimental con la comprensión conceptual que fundamenta esos procedimientos.

Ahora se describen por niveles de escolaridad, las competencias que se asumen en el dominio y su del PPDS y del MS con DS.

1. En preescolar

✓ Competencia:

Identificar en diferentes situaciones dentro del aula de clase y en su ambiente familiar patrones de comportamiento y cantidades que varían con el tiempo. Percibe el cambio, apreciando que todo cambia.

✓ Indicador de logro:

- Reconocer patrones de comportamiento (lo que se da de manera continua, regularmente) en diferentes situaciones de su escuela o su hogar.
- Identificar cantidades en ambientes cotidianos.
- Apreciar que algo se está dando (está sucediendo), usa expresiones para indicarlo.
- Usar diferentes verbos para denotar la acción (el suceder, el cambiar).
- Participar de simulaciones y juegos en el salón para representar el cambio.

2. En primero

✓ Competencia:

Describir un sistema de su escuela reconociéndolo como una totalidad con sentido (comprendiendo) e identificando los elementos y las relaciones de influencia entre éstos; mediante gráficos y texto en prosa.

✓ Indicador de logro:

- Describir el comportamiento (cambio, devenir) de un sistema con base en gráficos.
- Describir un modelo básico en prosa, en términos de una explicación en general.

- Identificar las relaciones de influencia entre los elementos de un sistema.
- Graficar los datos del cambio de una situación establecida.
- Identificar acciones que generan consecuencias o efectos en su entorno transcurrido un tiempo.
- Explicar el concepto de cuantificación con situaciones de su entorno.
- Identificar situaciones en donde se puedan observar ciclos, sistemas, relaciones, demora y realimentación.

3. En segundo

✓ Competencia:

Identifica las variantes y las invariantes (constantes y parámetros) de un sistema, a partir de las relaciones de influencia simple y ciclos de realimentación que determinan el comportamiento.

✓ Indicador de logro:

- Graficar desde textos el comportamiento de variables.
- Explicar con ejemplos cotidianos lazos causales simples y ciclos de comportamiento.
- Explicar ciclos de comportamiento de realimentación en situaciones de su entorno.
- Identificar patrones de crecimiento exponencial en su entorno.

4. En tercero

✓ Competencia:

Describir las características de un sistema, reconociendo cuáles son similares y cuáles no, al compararlo con otro, usando para esto diagramas realimentados de relaciones de influencia.

✓ Indicador de logro:

- Usar una simulación computacional simple con elementos gráficos, para encontrar respuestas a preguntas del comportamiento de un fenómeno.

- Discutir el concepto de modelo como útil que recrea la explicación de un fenómeno y permite la experimentación en términos de simulaciones.
- Deducir relaciones de influencia o causalidad, a partir de gráficos del comportamiento de dos variables presentes en su entorno.
- Describir relaciones de influencia y ciclos de realimentación que determinan el comportamiento, a partir de historias o cuentos, escritos u orales.
- Explicar situaciones del entorno local, regional o nacional a partir de gráficos publicados en diarios.
- Explicar la relación entre una gráfica de simulación y la realidad observada en su entorno.

5. En cuarto y quinto

✓ Competencia:

Construir hipótesis e inferencias básicas acerca de un sistema cuyas características y condiciones sean muy similares a las de un prototipo estudiado.

✓ Indicador de logro:

- Plantear hipótesis del posible comportamiento de un fenómeno y representarlas con gráficos.
- Contrastar los pronósticos realizados con los resultados obtenidos en la simulación.
- Crear modelos lineales, con un planteamiento en prosa, con un ciclo de realimentación y con gráficos relacionales.
- Explicar las regularidades y patrones de un fenómeno a través de texto en prosa y gráficos.
- Distinguir patrones de crecimientos lineales y exponenciales.
- Identificar los patrones de oscilación en un fenómeno dado.

6. En sexto y séptimo

✓ Competencia:

Utilizar las características de un modelo lineal, así como evidenciar cuáles situaciones no pueden ser modeladas linealmente.

✓ Indicador de logro:

- Crear modelos lineales con mínimo dos ciclos de realimentación.
- Explicar relaciones no lineales a partir de gráficos.
- Explicar las relaciones entre variables utilizando diagramas de Flujo-Nivel o ambientes con Objetos y Reglas.
- Ejemplificar una estructura en contextos diferentes a partir de la transferibilidad de los patrones y regularidades trabajados
- Crear diagramas de influencias multi-bucle (realimentación) estableciendo su polaridad.
- Usar las funciones tabulares (gráficas) para definir las relaciones no lineales entre variables.

7. En octavo y noveno

✓ Competencia:

Identificar modelos con relaciones lineales y no lineales entre sus variables y de comportamientos complejos, evidenciando la dinámica del fenómeno y su posible modelado.

✓ Indicador de logro:

- Crear modelos lineales con mínimo dos ciclos de realimentación.
- Comprender (leer) modelos de mayor complejidad de los que construye y usarlos (simular) consciente del la explicación que recrea.
- Explicar las relaciones no lineales a partir de gráficos.
- Explicar situaciones a partir de los resultados obtenidos en la simulación.
- Explicar la relación entre dominancia de bucles (ciclos) y comportamiento.

- Utilizar gráficos y diagramas de influencias para organizar un documento de trabajo o una presentación.
- Diseñar gráficos de flujos y niveles para comprender un fenómeno y su respectiva simulación.

8. En décimo

✓ Competencia:

Analizar sistemas de su entorno, a partir de la estructura del modelo, usando diagramas, gráficas y el lenguaje de la DS o del MBOR, sugiriendo y justificando políticas definidas con base en modelos.

✓ Indicador de logro:

- Explicar los sectores del modelo a partir de la representación en flujos y niveles del modelo que los contiene.
- Comprender un modelo escrito en el lenguaje del MBOR como una totalidad dinámica y describirlo a partir de los objetos y reglas considerados.
- Aplicar una estructura medianamente simple a otro problema o disciplina; reconocer y transferir aprendizajes a otras disciplinas.
- Pronosticar el comportamiento de un sistema mirando la estructura del modelo y los diagramas de flujos y niveles (DS) o del ambiente de objetos y reglas (MBOR).
- Usar el lenguaje de modelado para describir y explicar la estructura dinámica presente en textos escritos.
- Modelar en equipos de trabajo registrando los inconvenientes y forma en que enfrentan problemas concretos.
- Diseñar el mapa de relaciones de un modelo.

9. En once

✓ Competencia:

Proponer soluciones a situaciones reales de su contexto usando el modelado y la simulación.

✓ Indicador de logro:

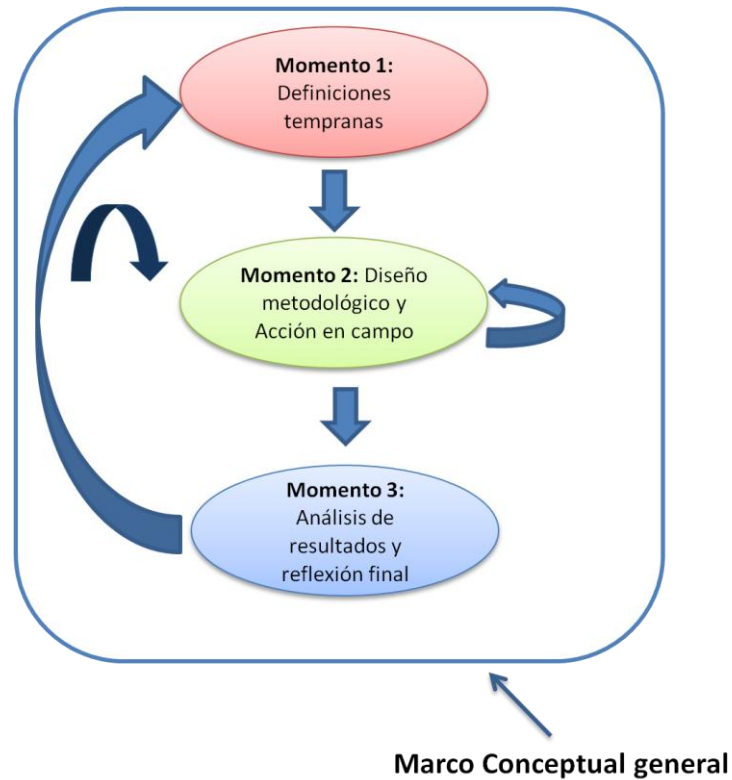
- Identificar un problema real en la comunidad y elaborar una solución (usando DS o MBOR).
- Presentar los resultados y los descubrimientos a una audiencia externa a la escuela.
- Promover políticas basadas en el análisis de modelos y descubrimientos desde el MS.
- Re-examinar políticas en respuesta a una crítica.
- Leer modelos complejos de DS o de MBOR comprendiendo la explicación del fenómeno describe.
- Usar modelos complejos, consciente de la explicación que recrea y usando diferentes escenarios, respondiendo a preguntas del tipo ¿Qué podría pasar si...?

Al momento de diseñar de las experiencias, se debe considerar que las definiciones puntuales para cada actividad a ser realizada con los estudiantes, deben estar en el marco de las ideas expuestas anteriormente.

4.5 MODELO DE LINEAMIENTOS PARA EXPERIENCIAS-EXPERIMENTOS

A partir del marco teórico expuesto anteriormente, se presenta a manera de modelo, los lineamientos metodológicos para el diseño de EE.

Figura 10: Momentos generales en una Experiencia-Experimento.



Fuente: El Autor

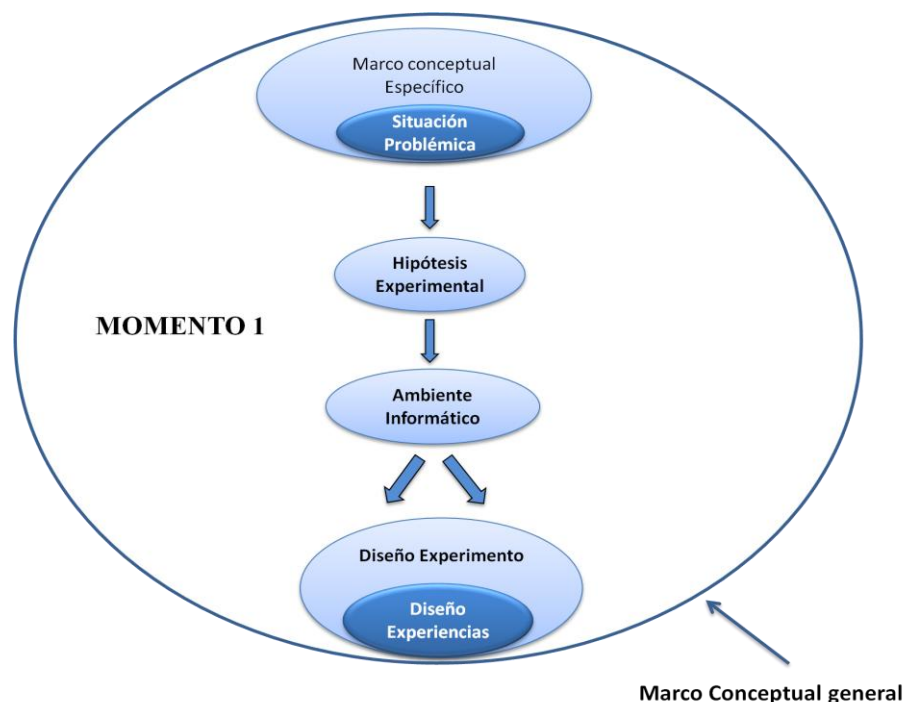
El modelo se exhibe desde lo más general hasta lo más particular por medio de gráficas que ilustran elementos y relaciones de influencia.

En la *Figura 10* se muestra cómo desde un marco conceptual general que orienta el uso o integración de la DS en educación (*en el ejercicio de investigación acción*), se desarrollan 3 momentos para el diseño y desarrollo de una Experiencia-Experimento, comenzando por definiciones conceptuales y metodológicas y terminando con el análisis de resultados y reflexiones que pueden generar un nuevo proceso desde el momento 1 o inicial.

4.5.1 MOMENTO 1: Definiciones Tempranas

Las definiciones tempranas ilustradas en la *Figura 11*, se consideran actividades iniciales y fundamentales para el diseño de cada uno de los momentos propuestos en una EE. Estas actividades se encuentran a cargo del grupo investigador y son parte de la planeación específica del componente de *Experimento* de la propuesta.

Figura 11: Momento 1. Definiciones tempranas en una Experiencia-Experimento



Fuente: El Autor

Actividades:

1. Definición de la **situación problémica** que describe la necesidad educativa a la cual se desea aportar, y guía en general el estudio o investigación requerida para verificar aportes de la DS en educación. Esta situación debe estar soportada en un **marco conceptual específico**, el cual brinda el contexto educativo a la EE y soporta los contenidos curriculares tratados durante las experiencias escolares.

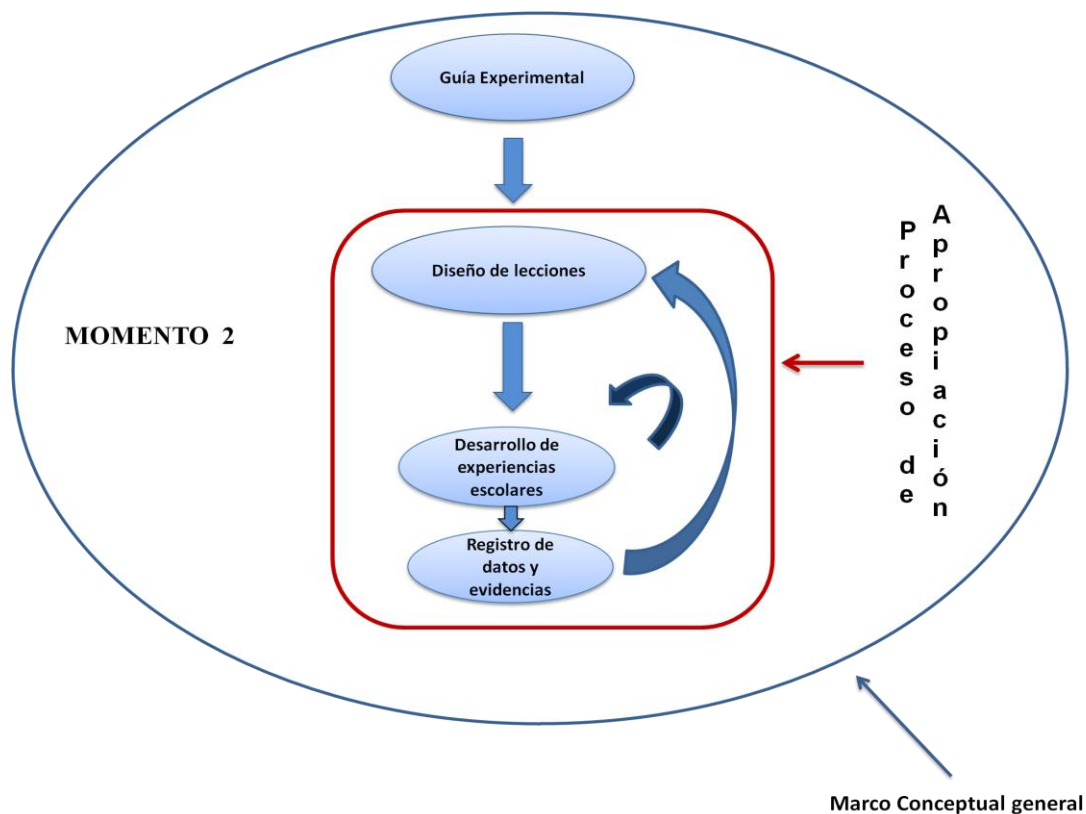
2. Construcción de la **hipótesis experimental** en donde se declaran ideas puntuales que direccionan la acción del componente de experimento de la EE, acotando aspectos elementales como alcance, población objetivo y recursos.
3. Configuración del **ambiente informático**. A partir de la hipótesis se seleccionan o desarrollan los recursos necesarios, entre los cuales se encuentran los de tipo computacional. Los recursos computacionales que pueden ser usados como apoyo al desarrollo de contenidos y fomento de aprendizajes (*modelos de simulación, micromundos y simuladores entre otros*) o para el seguimiento experimental de las experiencias escolares, en conjunto materializan un ambiente informático que sirve como plataforma de las EE. Este ambiente informático debe estar concebido de manera adecuada, generando las sinergias necesarias entre tecnología y personas para que los procesos educativos reciban el apoyo esperado de la tecnología y en especial de la DS que se convierte en innovación tecnológica.
4. **Diseño del experimento**, en el cual se definen las técnicas e instrumentos para el registro, tratamiento y análisis de datos. Adicionalmente, es requerimiento en este momento, definir las características generales de las experiencias escolares en las que se haga explícito el uso del ambiente informático y la integración de la DS por medio de sus recursos de modelado y simulación. Se debe construir una guía o cronograma de actividades globales en donde se visualicen las actividades que serán realizadas durante las experiencias con estudiantes (*clases o actividades de aula*).

Como evidencia de este momento inicial o de definiciones tempranas se debe generar un documento general con las declaraciones correspondientes en cada actividad.

4.5.2 MOMENTO 2: Diseño metodológico y Acción en campo.

Con base en las definiciones generales para el diseño tanto experimental y de las experiencias, se construyen las guías que orientarán las acciones en ambos componentes (*experimental y experiencial*), y se hará el trabajo de campo considerado en la metodología de Investigación-Acción, de acuerdo a las actividades ilustradas en la *Figura 12*.

Figura 12: Momento 2. Diseño metodológico y Acción en campo en una Experiencia-Experimento.



Fuente: El Autor

Actividades:

5. Diseño de la **guía experimental** por parte del equipo investigador, teniendo en cuenta las definiciones tempranas, como situación problémica, hipótesis experimental, ambiente informático, instrumentos y recursos.

La experimentación se instrumentaliza mediante una guía de observación (*guía experimental*), en la cual con preguntas que deben ser respondidas por el equipo de investigadores (*observadores*) se hace seguimiento a cada momento de la EE, considerando las diferentes miradas que pueden darse durante la experiencia, captando y registrando opiniones, impresiones, reflexiones y aprendizajes de cada uno de los subgrupos de participantes, como estudiantes, profesores, investigadores o expertos en DS, entre otros. Con la variedad de perspectivas sobre

el fenómeno observado, el equipo experimentador realizará una triangulación de ideas, para determinar hallazgos y conclusiones compartidas por el colectivo.

Se implementarán técnicas que permitan el registro sistemático y confiable de datos para documentar tres aspectos fundamentales: descripción del fenómeno (*experiencia*), interpretaciones personales de los acontecimientos, y conclusiones y aprendizajes. Es requerimiento de esta actividad, la identificación de instrumentos y medios de soporte (*especialmente tecnológico*), para captar las impresiones, recomendaciones, reflexiones y conclusiones de los individuos participantes. Es posible la utilización de técnicas como encuestas, entrevistas, diarios de proceso y actividades evaluativas, entre otras.

6. Diseño de **lecciones** por medio de guías escolares que darán los lineamientos para el desarrollo de las experiencias con estudiantes. Se deben definir como mínimo los objetivos, técnicas didácticas, proceso evaluativo (*como parte del proceso de aprendizaje*), instrumentos de seguimiento y evaluación de aprendizajes, preguntas guías y puntuales de investigación, y experimentos con modelos de simulación con DS.
7. **Proceso de cualificación y apropiación** de todos los participantes (investigadores, expertos, docentes, entre otros) encargados de orientar y acompañar el desarrollo de las experiencias con la población objetivo (*estudiantes*). Este proceso se desarrolla iniciando con una cualificación base que permita la realización de las primeras lecciones con estudiantes (*experiencias*). De acuerdo a los roles determinados, cada individuo deberá recibir el entrenamiento o formación adecuada respecto a los contenidos curriculares que serán tratados y sobre conceptos relacionado con el PDS y el uso de la DS en prácticas escolares. En el proceso de apropiación de los participantes se deben definir los materiales y las agendas de trabajo que guíen la cualificación, marcando momentos de encuentro entre pares para compartir y analizar experiencias y motivar autoevaluaciones y reflexiones.

La apropiación continúa durante toda la EE, pues cada momento, especialmente donde se dan las experiencias escolares, permitirán reflexiones que brindarán mayor entendimiento de conceptos y de la DS en educación.

8. Con una apropiación base del equipo humano (*principalmente docentes o quienes jueguen un rol similar*) se inician las **experiencias** con estudiantes en condiciones reales, siguiendo las orientaciones de la guía para lecciones construidas en la actividad 6. En este momento se deben hacer todas las experiencias posibles y necesarias, generando microciclos realimentados, para tener una mayor ilustración de la propuesta escolar, y así poder confirmar o refutar los aportes de la DS. Se pueden implementar las técnicas de observación (*enfoque cualitativo, cuantitativo o mixto*) que el equipo investigador considere pertinentes, de acuerdo al contexto particular en el cual se desarrollan las experiencias.
9. **Registro de datos y recolección de evidencias.** De acuerdo a las técnicas de recolección de datos estipuladas, se procede al tratamiento de los mismos y a la generación de resultados que permitirán identificar hallazgos del proceso general como insumo para la guía experimental.

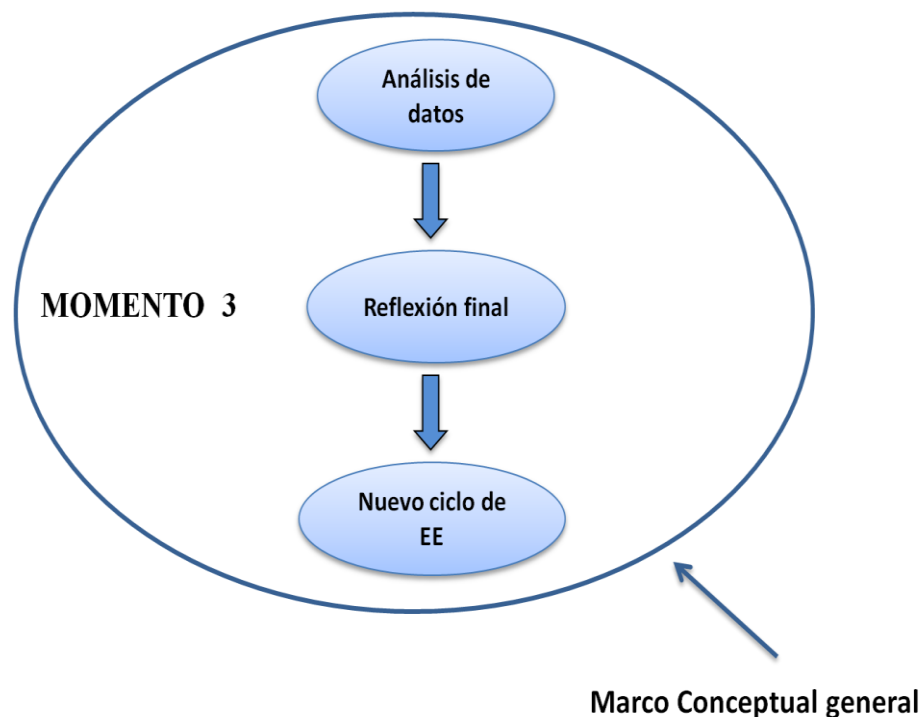
Como elemento final de este momento 2, las experiencias y los datos recolectados, pueden dar aportes que permitirán reformular el diseño las mismas lecciones escolares y de esta manera refinar sus orientaciones e instrumentos.

4.5.3 MOMENTO 3: Análisis de resultados y reflexión final.

En el momento final, se procede a analizar los resultados y evidencias obtenidas de las experiencias para construir conclusiones y aprendizajes, en el marco de reflexiones sobre el proceso general de EE.

Aquí se da el ciclo de investigación característico de la metodología de Investigación-Acción, en donde el equipo de investigadores o experimentadores se aparta de la experiencia en campo para discutir en torno a los hallazgos; mediante reflexiones a la luz del marco teórico general de Experiencias-Experimentos, se pueden determinar los aportes de las DS por medio de la ilustración con el caso de estudio. Se contemplan las actividades presentadas en la *Figura 13*.

Figura 13: Momento 3. Análisis de resultados y reflexión final en una Experiencia-Experimento.



Fuente: El Autor

Actividades:

10. **Análisis de datos** de campo y evidencias obtenidas, seguidas de reflexiones que permitan identificar el aporte del modelado y simulación con DS al cumplimiento de los objetivos educativos esperados.
11. **Reflexión final**. Este es un análisis profundo y consensuado entre el equipo investigador, en donde se debe confirmar o refutar el cumplimiento de los fines educativos , con una identificación clara de las barreras cuando se de el caso. Posteriormente se deben proponer estrategias que reorienten el diseño de cada uno de los elementos, etapas o momentos de la EE, que demanden mejoras o replanteamiento.
Este es el punto de finalización de un ciclo de EE completo y a la vez el inicio de un nuevo ciclo que requiere la revisión, fortalecimiento y/o reformulación de las etapas contempladas en los tres momentos del diseño y desarrollo.

12. Inicio de un **nuevo ciclo** de actividades de la EE.

Se deben dar todos los ciclos completos desde el momento 1 hasta el momento 3 necesarios y posibles, que permitan obtener la madurez apropiada de las metodologías integradas al proceso, de los materiales utilizados, del ambiente informático utilizado y de las orientaciones definidas tanto para el componente de experimento y como para el de experiencias. De esta manera, no sólo se podrán conocer los aportes de la DS a la educación evidenciados durante el caso de estudio, sino que también se podrán dar recomendaciones sobre los útiles desarrollados para que en futuras EE, se logren mejorar y así crear las condiciones para la aparición de nuevos aportes de la Dinámica de Sistemas y del Pensamiento Dinámico Sistémico en general.

4.6 EXPERIENCIAS

Como se ilustró en el *Momento 1* del modelo de lineamientos para el diseño de EE, a partir de la *Situación Problemática* se plantea la Hipótesis Experimental y se selecciona o construye el ambiente informático. En este punto, es posible definir el componente *Experimento* que direcciona todo el desarrollo posterior en las EE, y que orienta como deben ser diseñadas las *Experiencias*.

Desde la concepción de experimento y experiencia presentada, las experiencias se caracterizan por la integración de la DS al ejercicio escolar, reconociendo a esta tecnología como instrumento mediador para la construcción de conocimiento. De igual manera se contempla el uso de ambientes informáticos que faciliten los procesos de aprendizaje y formación promovidos con las experiencias escolares.

Experiencias escolares con el uso del modelado y la simulación con DS y orientadas de cierta manera, pueden conducir al desarrollo de formas de pensamiento, que se soportan en el PDS. El poder confirmar o refutar durante la experiencia el desarrollo de dichas formas de pensamiento o la creación de condiciones favorables para su desarrollo se convierten en el objetivo fundamental en el proceso experimental.

Decir que las experiencias cuenten con ciertas características y sean orientadas de cierta manera, significa que el desarrollo de actividades de aula cumpla con criterios de calidad, en los cuales se integre de manera adecuada cada elemento o componente y sean verificables desde los siguientes aspectos:

4.6.1 CUALIFICACIÓN DOCENTE

Los docentes que participan en las experiencias deben contar con la cualificación adecuada, con apropiación de los conceptos relacionados con el Pensamiento Dinámico Sistémico y con el modelado y la simulación con Dinámica de Sistemas, aparte de los propios de las áreas curriculares que sean integradas en las experiencias.

Como esta propuesta de experimentación se realiza para evaluar entre varios aspectos, las ventajas de la mediación tecnológica que brindan los ambientes informáticos, la apropiación de los docentes, también implica reconocimiento de posibilidades de innovación con TIC, conocimiento y dominio de ciertos recursos informáticos, como simuladores, micro mundos de aprendizajes, internet y aplicaciones ofimáticas, entre otros.

El docente debe desarrollar una visión holista de las cosas y ser capaz de ver el mundo con los ojos del otro; que comprenda las implicaciones de un modelo de aprendizaje significativo, centrado en el aprendiz, y dispuesto a promover el aprendizaje de otros y el suyo. Reconocer su rol como promotor de procesos para la construcción de conocimiento en un ejercicio de aprender a aprender, y no como fuente suprema del saber. Capacidad para proponer y diseñar actividades formativas y útiles que integran el modelado y la simulación con DS, mediante el trabajo colaborativo entre pares.

Debe tener las habilidades conciencia de la importancia del registro adecuado de las experiencias para que se pueda dar intercambio de ideas y aprendizajes con otros.

Finalmente, debe ser una persona motivada y entusiasmada por el uso de DS con sus estudiantes, conocedor de su escuela y con capacidad para ajustar la propuesta a su contexto de trabajo.

4.6.2 ACOMPAÑAMIENTO DE EXPERTOS

Es fundamental la asesoría al profesor por parte de expertos en DS y/o experimentadores que puedan orientar y aclarar cuestionamientos antes, durante y después de las experiencias. Los expertos deben acompañar continuamente la acción de los docentes, promoviendo reflexiones, discusiones e intercambio de experiencias que fortalezcan el desarrollo de las actividades y la misma cualificación docente, pues la experiencia hace que el profesor afiance sus conocimientos y mejore sus habilidades al usar la DS en la escuela.

4.6.3 AMBIENTE INFORMÁTICO

Aunque el uso de recursos informáticos no es imprescindible en todos los casos, si se reconocen las ventajas que brindan al momento de simular y analizar condiciones en un fenómeno, por la facilidad de representación de resultados y por la rapidez con la que los estudiantes pueden ver los efectos de las decisiones tomadas en algún momento sobre el sistema modelado. Por tal motivo, se recomienda el uso de útiles computacionales para facilitar el proceso de modelado (si se requiere) y de simulación de los fenómenos a estudiar.

Así, el diseño de las experiencias de aula –clase integrada con DS- contempla el uso de diversos útiles computacionales disponibles para la educación, como internet y todos sus servicios, enciclopedias digitales y aplicaciones de escritorio, pero en particular se orienta el uso de herramientas como simuladores, animadores, software para modelar y micro mundos, en especial para las experiencias locales, los producidos por el grupo Simon.

Todos los recursos informáticos integrados, deben ser seleccionados o construidos teniendo en cuenta su pertinencia, sin intentar acuñarlos forzando la adaptación del contexto al recurso. Los propósitos educativos deben estar por encima de los instrumentos y la validación o aceptación de los recursos informáticos está dada en la medida en que favorezcan el cumplimiento de los fines educativos a alcanzar.

Debido a la inclusión de la informática al desarrollo de las lecciones o actividades de aula, se requiere contar con salas de cómputo adecuadas que ofrezcan las condiciones básicas para los instrumentos utilizados.

4.6.4 LÚDICA

Las experiencias deben estar diseñadas y dotadas de componentes que generen actitudes lúdicas en los estudiantes, entendiendo como lúdica, la predisposición del ser frente a la vida, frente a la cotidianidad, experimentando goce y disfrute, favoreciendo su desarrollo humano (JIMÉNEZ, 2000) Citado por (MAESTRE, 2011). La lúdica se convierte en una expresión de la cultura en un determinado contexto, tiempo y espacio, como el juego, el arte, el espectáculo, la fiesta y la creatividad, caracterizada por la necesidad, la actividad y el placer (FULLEDA, 2003) Citado por (MAESTRE, 2011).

4.6.5 GUÍAS ESCOLARES

Las experiencias o actividades con estudiantes se deben desarrollar siguiendo las orientaciones definidas para el diseño de clases integradas con DS y puntualizadas en un documento conocido como guía escolar.

Una clase integrada con DS debe contener como mínimo los siguientes elementos, necesarios para la dinámica de aprendizaje presentada en la *Figura 9*:

- ✓ Temática claramente definida, la situación problema, el fenómeno o asunto que se va a estudiar.
- ✓ Pregunta guía sobre la situación de interés.
- ✓ Conjunto de preguntas puntuales que orientan el estudio y motivan el uso de algunas fuentes.
- ✓ Un modelo o un micromundo de simulación sobre el tema o el software para su desarrollo.
- ✓ Diseño de experimentos que sirven al estudiante para que construya su respuesta a la pregunta guía.

- ✓ Software para operar con los anteriores útiles.

El siguiente esquema ilustra los elementos fundamentales de una clase integrada y de la relación y organización de cada uno de ellos.

- ✓ *Objetivo de la actividad.*
- ✓ *Pregunta de Investigación – Pregunta Guía.*
Respuesta/: _____
- ✓ *Lectura reflexiva de fuentes de información.*
Fuentes Bibliográficas: _____
Libros: _____
Artículos: _____
Pregunta Guía: _____
Respuesta/: _____
- ✓ *Pregunta Puntual.*
Respuesta/: _____
- ✓ *Modelado y Simulación.*
Pregunta Puntual: _____
Respuesta/: _____
- ✓ *Experimentos.*
Pregunta Guía: _____
Respuesta/: _____

Esta guía debe ser enriquecida en todos los casos con elementos didácticos que permitan un mejor desarrollo y participación de los estudiantes.

Retomando la motivación del presente trabajo investigativo, la idea de lineamientos para el diseño de EE, surge de la necesidad de contar con orientaciones que permitan guiar adecuadamente la realización de experiencias en las cuales se evalúen los ambientes informáticos que desarrolla con uso de DS en educación.

La satisfacción a la necesidad planteada, demanda entonces la construcción de una actividad integrada, en la que se defina claramente la forma en que se va a hacer uso de los recursos de DS y las habilidades, competencias o aprendizajes que serán promovidos en los estudiantes y se convertirán en el foco de observación.

4.7 AMBIENTES INFORMÁTICOS PARA EXPERIENCIAS EXPERIMENTOS

Las tecnologías de información han sido un elemento inseparable y fundamental en el ejercicio de llevar la DS a la escuela en el ámbito local, pues por la naturaleza ingenieril del grupo SIMON en el área de la informática y de los sistemas, ha facilitado el desarrollo de útiles computacionales con altos niveles de calidad técnica que soportan la propuesta general. La rigurosidad del desarrollo software y la calidad técnica de los recursos computacionales no han sido suficientes para garantizar el desarrollo de los objetivos educativos esperados con ellos, pues para lograr cambios fundamentales en la escuela se requiere de apropiados instrumentos y de adecuados usos.

4.7.1 DISEÑO DE AMBIENTES INFORMÁTICOS PARA EE

Hoy es una necesidad el uso de TIC en educación, para aprovechamiento de la infraestructura y de los procesos formativos de cualificación personal y profesional en el campo de la informática que enriquecen día a día el entorno de las instituciones educativas.

La actual investigación, presenta una propuesta para apreciar u observar aportes de la DS en la educación escolar. Este ejercicio de observación, implica la revisión en conjunto de los diferentes elementos usados llevar la DS a la escuela, tales como metodologías, guías conceptuales, guías escolares, actividades y recursos computaciones, entre otros.

En el conjunto de elementos interrelacionados que conforman la propuesta de DS en educación, Los recursos informáticos son esenciales por las nuevas oportunidades e innovaciones que ofrecen al proceso de simulado, a la didáctica y a la pedagógica; en particular los ambientes de simulación se convierten en uno de los mayores motivantes entre los miembros de las comunidades educativas, tanto para docentes como para estudiantes.

Reconociendo los recursos computacionales como elemento fundamental en los procesos formativos que se llevan en las instituciones educativas se les considera como

útil indesligable en el ejercicio de integración de la DS en la formación escolar, y por ende de observación en el desarrollo de EE.

La EE como mecanismo para validar el uso de recursos computacionales, debe plantear como objetivo, la identificación de ventajas y desventajas de los recursos informáticos, para orientar acciones que permita obtener aportes significativos e innovadores de éstas herramientas y evitar que su uso se convierta por el contrato en una barrera al proceso de integración de la DS a la educación.

Como requerimiento básico de las EE, el equipo investigador o experimentador, debe seleccionar, o desarrollar las herramientas informáticas adecuadas de acuerdo a los objetivos educativos propuestos, e integrarlas en solo conjunto denominado *Ambiente Informático*.

4.7.2 SELECCIÓN O DESARROLLO DE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS

El grupo Simon brinda un gran aporte informático a la comunidad científica y educativa, pues en su trayectoria investigativa ha desarrollado múltiples y variadas soluciones computacionales que se han convertido en útiles de gran valor para la DS. De esa experiencia de trabajo a nivel de ingeniería de software quedan un sinnúmero de aprendizajes que han aportado al mejoramiento de los desarrollos propios de otros y han permitido identificar nuevas necesidades y concepciones acerca del apoyo computacional. Así, se ha facilitado también el uso de nuevas tecnologías y artefactos que se posicionan con gran solidez y demanda en el mercado actual.

Los recursos presentados por Simon a la comunidad educativa y que permiten configurar múltiples ambientes informáticos según las características de los contextos, pueden ser clasificados como lo muestra la

Figura 14.

Figura 14: Recursos computacionales desarrollados por Simon



Fuente: El Autor

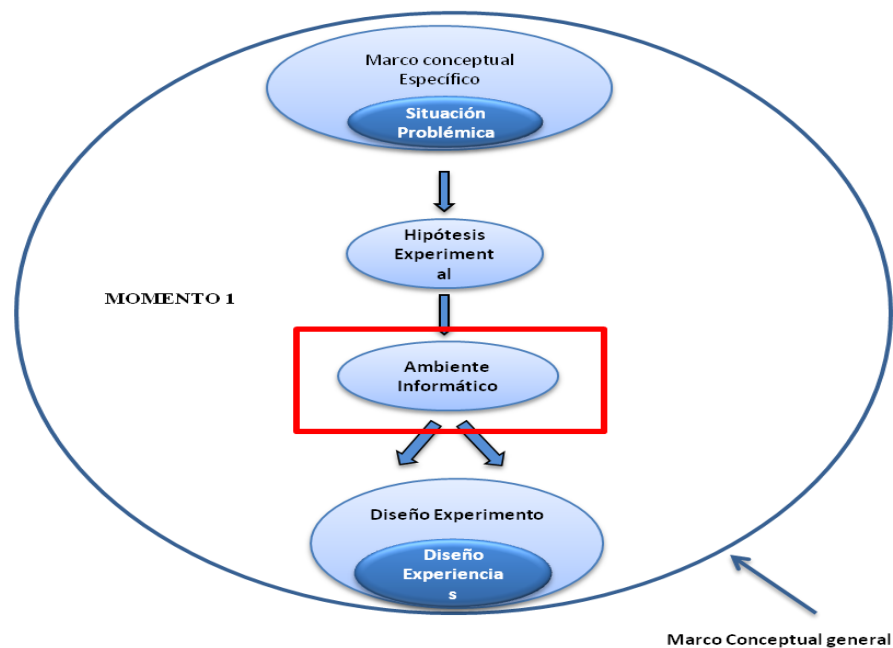
En este punto es importante identificar de qué manera se articula el diseño del ambiente informático en el diseño de EE.

Como se muestra en la *Figura 15*, durante el *Momento 1* (Definiciones Tempranas) de las EE se realiza la definición de el Ambiente Informático. La definición de los recursos computacionales, puede implicar selección y/o construcción, a la luz de la situación problemática identificada y de la hipótesis experimental definida por el colectivo investigador.

El Ambiente Informático, debe integrar herramientas que brinden:

- ✓ Apoyo al proceso experimental, facilitando el registro y tratamiento de datos.
- ✓ Soporte al proceso de cualificación y apropiación docente.
- ✓ Soluciones contextualizadas para el trabajo de aula con estudiantes.
- ✓ Apoyo al proceso de seguimiento y evaluación de los logros de los estudiantes.
- ✓ Coherencia con los fundamentos del PDS, en los cuales se promueven procesos de aprender a aprender, aprendizaje significativo y centrado en el estudiante.
- ✓ Aplicaciones para cada momento del EE en donde la TIC pueda facilitar e innovar, creando un escenario de interés para todos los involucrados.

Figura 15: Definición de el Ambiente Informático en el marco de las EE



Fuente: El Autor

Durante el *Momento 2* de las EE (Diseño metodológico y acción en campo), se dinamiza el trabajo entre docentes, estudiantes y experimentadores, a través del Ambiente Informático diseñado. El diseño metodológico de la EE, debe considerar orientaciones claras para el uso de los recursos computacionales, de tal manera que los

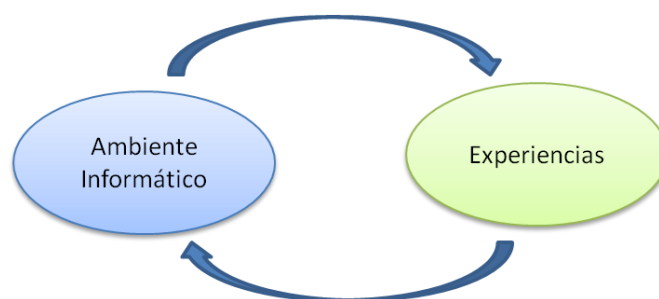
participantes conserven las características o condiciones del contexto con el cual se hará el análisis e interpretación de resultados.

Al finalizar cada experiencia con estudiantes, mediante triangulación de perspectivas, se debe hacer una revisión inmediata de los resultados obtenidos, analizado en el mismo hacer (Investigación-Acción) las apreciaciones y reflexiones de cada uno de los participantes (estudiantes, docentes, experimentadores, otros) que han sido registradas por medio de diferentes instrumentos. Como resultado de este ejercicio se deben generar aprendizajes que permitan de manera rápida la reorientación y mejoramiento de las próximas experiencias (ciclo de acción en la metodología de Investigación-Acción).

En el *Momento 3* (Análisis de resultados y reflexión final), se debe realizar un análisis general del Ambiente Informático y de su aporte a los objetivos educativos.

Si las herramientas han sido desarrolladas por otros, hay que determinar si son las pertinentes o si hay que seleccionar otras; si el objetivo de la EE es la evaluación de algún recurso informático en desarrollo por parte del equipo investigador, se deben tomar los resultado de observación y realizar los ajustes respectivos para mejorar la herramienta e iniciar otro ciclo de EE. En especial, para desarrollos propios, el equipo investigador debe incluir dentro de las pruebas del software, EE que permitan validar los aportes a los objetivos educativos.

Figura 16: Dinámica entre Ambiente Informático y Experiencias



Fuente: El Autor

En resumen, se necesita de una dinámica realimentada entre ambientes informáticos y resultados de Experiencias con estudiantes en contexto *Figura 16*, que revele la pertinencia, aportes al proceso y calidad en términos educativos de los ambientes. También, debe conducir la redefinición de las mismas experiencias de tipo experimental y por consiguiente del marco conceptual que guía globalmente la investigación (ciclo de investigación en la metodología de Investigación-Acción).

CAPÍTULO 5

ILUSTRACIÓN DE LA PROPUESTA

5 ILUSTRACIÓN DE LA PROPUESTA EXPERIENCIAS- EXPERIMENTOS

5.1 INTRODUCCIÓN

La propuesta de diseño de Experiencias-Experimentos se ilustra en un caso de estudio en el marco de la investigación titulada “*Determinación de zonas de riesgo de transmisión de T. cruzi vía oral e implementación de un sistema de alerta temprana para Chagas agudo en Bucaramanga*” financiado por Colciencias en la convocatoria 519-201, banco de proyectos en salud. La investigación es desarrollada por la Universidad Industrial de Santander, con la asesoría de la oficina de asesoramiento estratégico de la Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDM), el apoyo de la Secretaría de Salud de Bucaramanga (SSB) y de Colciencias.

El objetivo principal del proyecto, es identificar la circulación de los genotipos del parásito entre animales domésticos, mamíferos sinantrópicos, triatomíneos y humanos como aporte al conocimiento orientado a crear nuevas formas de control, que involucre la comunidad. Se pretende crear un Sistema de Alerta Temprana (SAT) en salud horizontalizando las acciones una vez identificados los riesgos, generando acciones sinérgicas entre los sectores salud y ambiente bajo veeduría ciudadana.

Con el apoyo de una estrategia educativa se pretende promover la generación de conocimientos en una comunidad, que permitan modificar las prácticas de los estudiantes y sus familias para que la comunidad esté consciente y preparada para enfrentar las enfermedades de transmisión por vector¹⁵ (Dengue y Chagas, entre otras). Así se configura un SAT que integra a personas, instituciones y Tecnologías de

¹⁵ Ser vivo que puede transmitir o propagar una enfermedad. <http://www.rae.es>

Información y Comunicación (computadores, tecnologías móviles y aplicaciones web), para atender necesidades de una comunidad, dando respuesta a estímulos (alertas tempranas) de manera oportuna y eficaz, reduciendo los riesgos a los que puede estar expuesta la comunidad o su entorno.

Para dar sostenibilidad al proyecto se requiere empoderar a los miembros de la comunidad de la problemática y generar entre ellos una red de cooperación que esté en capacidad de identificar los riesgos y actuar, manteniendo sus conductas y comportamientos guiados por el conocimiento.

Se concibe un *Proyecto Escolar* como estrategia promotora de conocimientos generadores de aprendizajes con significancia y perdurabilidad en el tiempo. Se elige a la escuela como epicentro del movimiento de intervención en la comunidad, gracias a la relación directa que tiene por medio de sus estudiantes con las familias del sector.

En el proyecto escolar se diseñan variadas actividades para ser desarrolladas con estudiantes en el aula, integrando la lúdica y el uso de la DS mediante modelos de simulación.

5.2 EXPERIENCIAS-EXPERIMENTOS EN EL CASO DE ESTUDIO SAT EN SALUD

En el desarrollo del proyecto SAT en salud, se identifica la necesidad de formalizar el seguimiento a las actividades con estudiantes diseñadas; como respuesta, la propuesta de EE se incorpora al proyecto como una posibilidad de fortalecimiento a las orientaciones metodológicas definidas.

Los lineamientos de EE, se integran a SAT en salud como una malla que se superpone al diseño del proyecto escolar para identificar los elementos fundamentales para un buen ejercicio experimental e integrar orientaciones complementarias.

5.3 DEFINICIÓN DE EXPERIENCIAS-EXPERIMENTOS EN SAT EN SALUD

Las EE orientan su aporte en un componente específico del proyecto SAT, el cual ha sido diseñado para intervenir en la comunidad mediante un *PROYECTO ESCOLAR*, desarrollado en las Instituciones Educativas perteneciente a las poblaciones objetivo.

Con el proyecto escolar, se busca promover en los estudiantes aprendizajes que puedan ser transmitidos de sus padres y familiares a toda su comunidad y así desencadenar cambios en las prácticas y comportamientos favorables a los propósitos de atención temprana a enfermedades transmitidas por vector.

Las EE seguirán de manera selectiva, las experiencias escolares que involucran el uso de modelos de simulación con DS, específicamente para el estudio del fenómeno de una epidemia en una población.

A continuación se hará una descripción de cada momento de las EE para el caso de estudio:

5.3.1 MOMENTO 1: DEFINICIONES TEMPRANAS

En este apartado se sintetizan los conceptos generales que enmarcan y orientan el desarrollo del proyecto.

5.3.1.1 MARCO CONCEPTUAL ESPECÍFICO

✓ **Proyecto Institucional:**

CONSTRUYAMOS UN AMBIENTE SALUDABLE EN COMUNIDAD

✓ **Introducción:**

Las epidemias se presentan cuando un contagio se extiende por toda una población. Para la prevención de las epidemias, en particular las de transmisión por vector, requiere un proceso de aprendizaje y transformación de prácticas de la comunidad en

zonas de riesgo. En las sedes educativas se promueve un proyecto institucional para la prevención y atención de las epidemias que aporta a la construcción de un Sistema de Alerta Temprana, tomando como caso específico la prevención de Chagas.

✓ **Consideraciones Iniciales:**

Este proyecto lo asume toda la institución, por consiguiente todos los actores involucrados deben tener conocimiento sobre el proceso de contagio y transmisión de Chagas. El proyecto trasciende la escuela promoviendo la construcción de un conocimiento social, de la comunidad, en la relación estudiante – familia. El estudiante lleva las inquietudes a la familia (a la casa) y la familia va la escuela a compartir el aprendizaje con sus hijos. De esta forma surge un aprendizaje significativo socialmente, contextualizado y transformador del individuo y de la sociedad a la que pertenece.

✓ **Situación problema:**

¿Qué se debe hacer para que una comunidad participe en forma activa y sostenible en un sistema de alerta temprana en salud para la enfermedad de Chagas?

✓ **Descripción del Proyecto Escolar:**

El proyecto consta de las siguientes cuatro etapas:

- a. Etapa General: Busca generar los aprendizajes suficientes para que cada estudiante pueda dar respuesta a los siguientes interrogantes: ¿Qué es una epidemia?, ¿Qué es un contagio y cómo prevenirlo?, los tipos de epidemias según el medio de transmisión y finalmente algunas nociones generales de la enfermedad de Chagas.
- b. Etapa Profundización I: En esta etapa, se pretende generar conciencia acerca de la importancia de la prevención como mecanismo para contrarrestar la enfermedad de Chagas.
- c. Etapa Profundización II: Se desarrolla un proceso de formación e intervención en la comunidad, para orientar el uso correcto y eficiente de un sistema de información que brindará apoyo al SAT.
- d. Etapa de cierre: En esta etapa se logrará la consolidación de aprendizajes de la comunidad, del equipo de investigación y de los docentes participantes.

En cada etapa, se consideran las actividades ilustradas en la *Figura 17*.

Figura 17: Actividades por etapa en el proyecto escolar

ETAPAS											
Etapa General				Profundización I			Profundización II			Etapa de Cierre	
Juego de la Epidemia	Modelo de simulación del Juego de la Epidemia	Tipos de Epidemias	Identificación de la enfermedad de Chagas	Modelo Epidemias de transmisión por vector	Modelo Ecosistema del Pito	Modelo Barreras del Pito	Fiebres en las personas	Previendo la epidemia	Participando en el SAT	Feria en la sede escolar	Encuentro de experiencias SAT-Chagas
ACTIVIDADES											

Fuente: (MARTÍNEZ, LÓPEZ, ANDRADE, & MUÑOZ, 2012)

5.3.1.2 HIPÓTESIS EXPERIMENTAL

Con experiencias desde la escuela, en las cuales los niños participan en actividades lúdicas y con uso de DS, se generan aprendizajes que pueden ser transferidos a la comunidad general para consolidar conocimiento que permita crear mecanismos de prevención contra la enfermedad de Chagas.

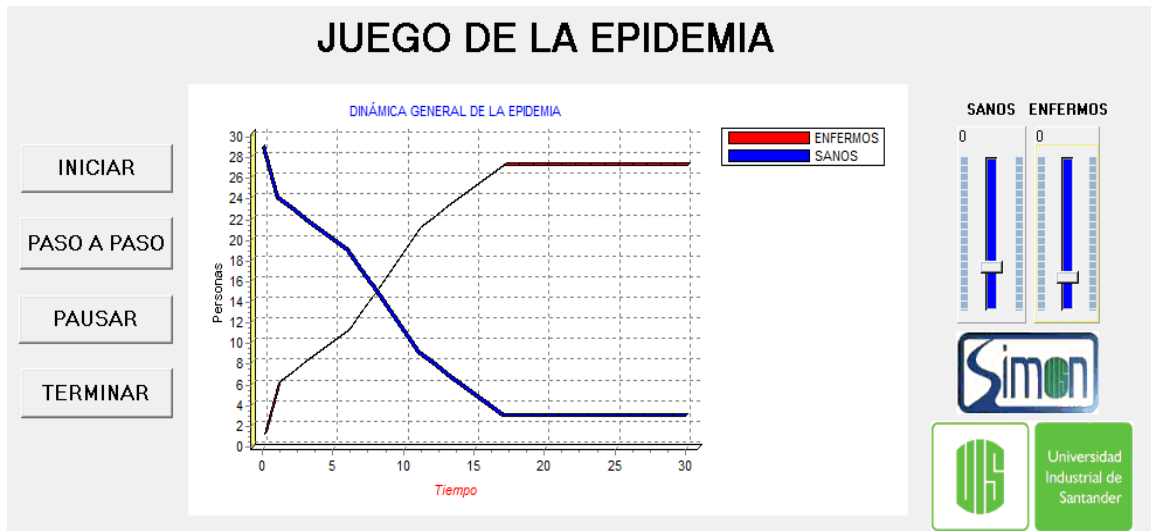
Las experiencias se desarrollan en el marco de actividades de aula, con el uso de guías escolares para orientar la acción de los docentes y de los estudiantes participantes. Cada guía presentará preguntas guías de análisis y reflexión a los estudiantes, mediante las cuales se espera llegar a la apropiación requerida en cada momento.

5.3.1.3 AMBIENTE INFORMÁTICO

Para el desarrollo de las experiencias, se concibe un sencillo ambiente informático, conformado por un modelo de simulación con DS (fenómeno de la epidemia) presentado a los estudiantes por medio de una interfaz que facilita la manipulación de parámetros al realizar los experimentos de simulación propuestos en la guía escolar *Figura 18*, complementados con presentaciones y videos relacionados con el objeto de

estudio. El ambiente simulará la epidemia que fue jugado en vivo por los estudiantes en una actividad previa.

Figura 18: Simulador juego de la epidemia



Fuente: (MARTÍNEZ, LÓPEZ, ANDRADE, & MUÑOZ, 2012)

5.3.1.4 DISEÑO DE EXPERIMENTO

Las EE se realizarán con estudiantes de 3 instituciones educativas del sector oficial de la ciudad de Bucaramanga, ubicadas en zonas donde existen las condiciones ambientales para el desarrollo del vector que transmite la enfermedad de chagas.

Se realizará observación experimental a cargo de un experto, quien no intervendrá en el desarrollo de las actividades; los datos registrados por el observador y los suministrados por los estudiantes a través de las guías escolares, serán tratados de manera independiente (los primeros de manera cualitativa y los segundos cuantitativamente) para que posteriormente en un ejercicio de triangulación sean analizados por el colectivo de investigadores del proyecto.

Las experiencias se realizarán, usando una guía que orientará la acción de los docentes y una guía escolar que orientará el trabajo de los estudiantes con preguntas

puntuales que direccionan cambios en el escenario de experimentación para analizar sus efectos en el comportamiento del fenómeno, y así entender la dinámica general del objeto de estudio.

5.3.2 MOMENTO 2: DISEÑO METODOLÓGICO Y ACCIÓN EN CAMPO

5.3.2.1 DISEÑO METODOLÓGICO

Para esta actividad se seleccionaron docentes del área de informática para apoyar el desarrollo de las clases.

Los docentes participarán en charlas acerca de los propósitos generales de proyecto y específicos de cada actividad, en este caso de la clase con simulación computacional del juego de la epidemia. Además, el equipo de expertos de la universidad realizará las primeras experiencias en cada Institución educativa, en las cuales los docentes seleccionados participarán a manera de asistentes para aprendizaje de la actividad y como parte de la estrategia de cualificación y apropiación. Posteriormente los docentes orientarán las clases con otros grupos de estudiantes siguiendo la metodología propuesta y el material presentado por los expertos.

En las actividades realizadas por los expertos, se muestra una clase ejemplo, que consta de una actividad introductoria y de anclaje con la actividad anterior (juego en vivo de la epidemia), revisión de pre-saberes (conceptos relacionados con la epidemia, lectura de gráficas en el plano cartesiano y uso del simulador). Posteriormente cada estudiante desarrollará la guía escolar, realizando las actividades y experimentos propuestos, y respondiendo las preguntas planteadas.

Para todas las actividades que componen la clase, el docente contará con orientaciones y explicaciones suministradas por el equipo de expertos mediante el documento guía docente.

Material de apoyo:

- ✓ Guía experimental ANEXO A: Guía Experimental.
- ✓ Guía general simulador juego de la epidemia ANEXO B: Guía general simulador juego de la epidemia.
- ✓ Guía de uso del simulador de una epidemia ANEXO C: Guía de uso del simulador de una epidemia.
- ✓ Guía docente clase con simulador de la epidemia ANEXO D: Guía docente simulador juego de la epidemia.
- ✓ Guía escolar estudiantes clase con simulador de la epidemia ANEXO E: Guía escolar estudiantes simulación juego de la epidemia.
- ✓ Simulador juego de la epidemia, con modelo de DS.

5.3.2.2 ACCIÓN EN CAMPO

En el marco de EE, se seleccionaron ocho experiencias de clase con estudiantes con el simulador del juego de la epidemia. Las clases fueron dirigidas en algunos casos por el equipo de expertos de la universidad, y en otros por los docentes del área de informática seleccionados. En la *Tabla 1*, se relacionan las experiencias observadas.

Tabla 1: Observaciones experimentales de EE en SAT

Fecha	Institución Educativa	Curso	No. de Estudiantes
27/08/2012	Colegio José María Estévez	10	25
27/08/2012	Colegio José María Estévez	9	29
27/08/2012	Colegio José María Estévez	8	33
05/09/2012	Institución Educativa las Américas	5	23
11/09/2012	Colegio José María Estévez	8	26
12/09/2012	Colegio José María Estévez	10	26
10/10/2012	Colegio José María Estévez	11	24
10/10/2012	Colegio José María Estévez	7	29

En cada experiencia se aplicó la técnica de observación experimental por parte de un experto, quien no tuvo alguna responsabilidad sobre el desarrollo de la clase, su tarea se concentró en percibir y registrar el comportamiento de los actores participantes usando el formato guía experimental. Ver muestra de registro en ANEXO F: Registro de estudiantes guía escolar.

Durante la clase los estudiantes recibieron las orientaciones generales y posteriormente pasaron a desarrollar la guía de trabajo escolar, realizando los experimentos propuestos y dando respuesta a los interrogantes planteados. Ver muestra de registro en ANEXO G: Registro de observaciones experimentales.

Según la cantidad de equipos de cómputo en cada sala de informática, los estudiantes trabajaron de manera individual o en parejas.

Al finalizar la actividad cada estudiante entregó su guía de trabajo al docente, quien se encargó de verificar la completitud del documento.

5.3.3 MOMENTO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y REFLEXIÓN FINAL

Posterior a la realización de las experiencias seleccionadas para ser observadas experimentalmente, se hizo triangulación de datos y análisis de resultados, los cuales fueron socializados entre los miembros del colectivo de expertos que coordinan el proyecto.

Los principales hallazgos son presentados a continuación:

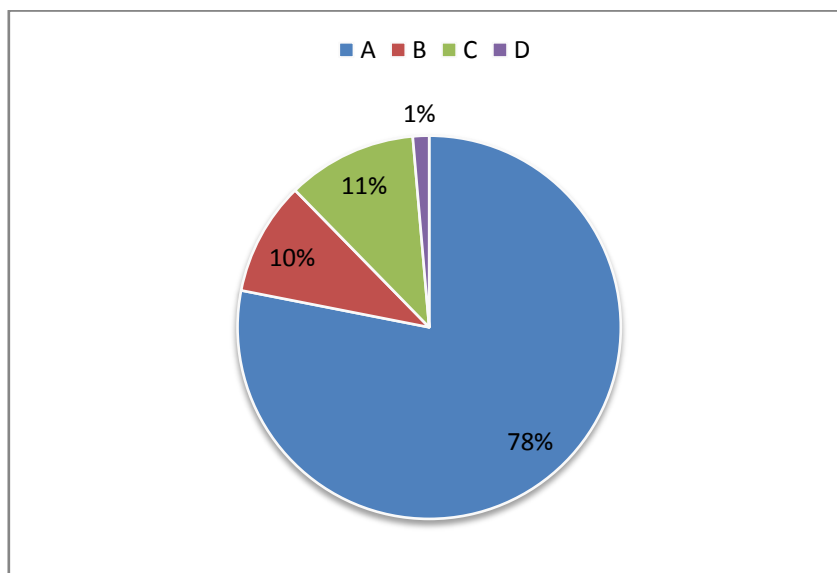
- ✓ Algunos de los resultado obtenidos, muestran los siguientes indicadores y cifras a partir de las respuestas dadas por los estudiantes en las guías escolares de trabajo.

Con relación a la capacidad de los estudiantes para hacer lectura de gráficas en el plano cartesiano, se encontró que en un porcentaje muy alto los niños comprenden el significado de las gráficas como lo muestra la *Figura 19*:

El grupo de estudiantes fue caracterizado de acuerdo a los siguientes criterios:

- A. Comprende el significado de las graficas
- B. No sabe leer las graficas
- C. Regular
- D. No responde

Figura 19: Niveles de lectura de gráficas por estudiantes



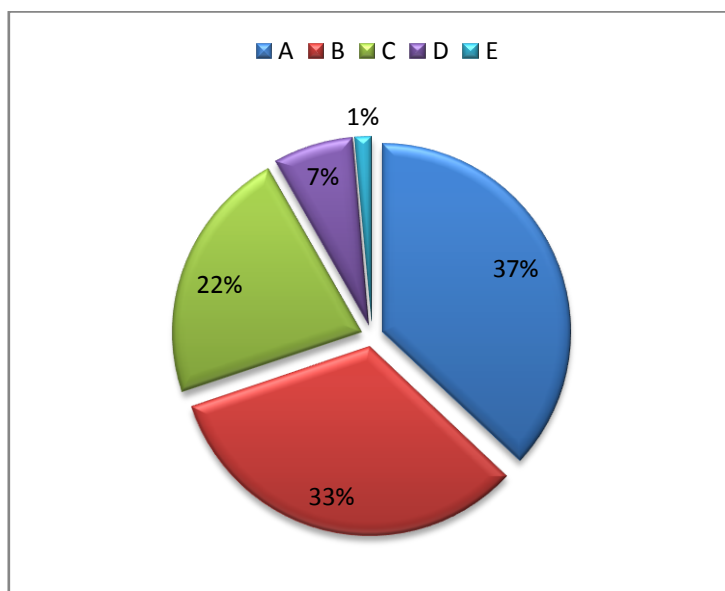
Fuente: (MARTÍNEZ, LÓPEZ, ANDRADE, & MUÑOZ, 2012)

Respecto a interpretación y comprensión de las gráficas obtenidas al simular el juego de la epidemia, se obtuvo el resultado presentado en la *Figura 20*.

Cada estudiante fue clasificado en uno de los siguientes grupos, de acuerdo al número de respuestas correctas obtenidas a preguntas que requerían análisis de los comportamientos generados en cada experimento de simulación:

- A. Básico (Solo una respuesta bien)
- B. Intermedio (3 respuestas bien)
- C. Bueno (5 respuestas bien)
- D. Alto (Todas las respuestas bien)
- E. No responde

Figura 20: Niveles de interpretación de gráficas por estudiantes



Fuente: (MARTÍNEZ, LÓPEZ, ANDRADE, & MUÑOZ, 2012)

- ✓ Para finalizar el ejercicio propuesto en la guía de trabajo y conocer las impresiones de los estudiantes respecto al uso del simulador con DS, cada uno de ellos respondió las siguientes preguntas.

¿Fue de su agrado trabajar con el simulador? ¿Qué conocimientos adquirió o reforzó?

- “Claro es muy agradable, porque nos enseña a prevenir las epidemias”. (Valentina Pinilla Jaimes. Grado: 8. Colegio José María Estévez).
- “Como se puede contagiar la gente tan rápido. Uno puede estar bien y de un momento a otro se puede enfermar”. (Karen Daniela Ascencio Peres. Grado: 8. Colegio José María Estévez).

- “Claro, es más rápido y tecnológico desarrollar actividades y crear espacios de pensamiento”. (Juan Sebastián Tarazona Acuña. Grado: 9. Colegio José María Estévez).
- “Sí, aprendí mucho sobre el porcentaje de la población”. (Gian Sneyder Sarmiento. Grado: 9. Colegio José María Estévez).
- “Sí, fue muy chévere a trabajar”. (Miguel Ángel Ballesteros. Grado: 5. Institución Educativa las Américas).

¿Cuáles dificultades se le presentaron al trabajar con el simulador?

- Ninguno, porque era sencillo. (Henry Alberto Pineda Jaimes. Grado: 8. Colegio José María Estévez).
 - “Pues casi no, sólo como en una gráfica” (Natalia Niño Capacho. Grado: 8. Colegio José María Estévez).
 - “No entendíamos al comienzo pero después empezamos a entenderlo”. (Yeison David Almeida Ortega. Grado: 9. Colegio José María Estévez).
 - “Se nos dificultó visualizar cuando se enferman todos”. (Diana Margarita Anteliz Barajas. Grado: 5. Institución Educativa las Américas).
 - “Ninguna porque estuvimos bien orientados por la ingeniera Natalia y la profesora”. (José Daniel Rincón. Grado: 5. Institución Educativa las Américas).
- ✓ A partir de las conclusiones reportadas por la guía de observación aplicada en cada experiencia se recogieron los siguientes aportes:
- Es necesario hacer una actividad de enganche o introductoria más profunda que permita a los estudiantes entender el desarrollo en conjunto de las actividades en el marco del proyecto escolar.
 - Se identifica falta de claridad en algunos conceptos como población, individuo, tasa de natalidad y tasa de mortalidad, que son usados en las preguntas guía puntuales para análisis de los resultados de simulación en cada experimento.

- Se requiere hacer una actividad previa o inicial para reforzar la comprensión de gráficas en el plano cartesiano.
- Los estudiantes realizan con facilidad análisis estáticos de comportamiento, pero presentan gran dificultad al entender dinámicas y cambios en la simulación.
- Con grupos superiores (10 y 11), se recomienda incluir en la guía actividades que motiven a los estudiantes a proponer experimentos y a observar los resultados de sus propuestas.
- Una actividad de cierre y socialización en cada experiencia, permitiría detectar con mayor claridad las dificultades presentadas y aspectos a reforzar posteriormente.
- En general se detecta gran aceptación de los estudiantes al trabajo con simulador y se nota la motivación al desarrollar los experimentos, especialmente entre los estudiantes de 9, 10 y 11.
- La guía escolar de trabajo, presenta orientaciones claras y de fácil seguimiento, lo que permitió a los estudiantes realizar el trabajo sin mayores dificultades y con pocos requerimientos de explicaciones adicionales por parte de los docentes.
- Se recomienda, procurar hacer adaptación de las clases a los diferentes niveles de escolaridad, y especialmente en los niveles inferiores usar un lenguaje más sencillo.
- Los docentes no guían las clases con la misma profundidad y seguimiento realizado por el equipo de expertos en la clase inicial de muestra. Se nota una preocupación por el desarrollo de la experiencia en la mayor brevedad de tiempo.
- Para un mayor compromiso de los docentes seleccionados, contextualizar e integrar la clase al currículo predefinido para el curso de informática, para que el docente vea la experiencia como un aporte más a su clase y no como un adicional sin relación con sus contenidos.

5.4 CONCLUSIONES Y RESULTADOS DE LAS EE EN SAT

Las EE permitieron obtener apreciaciones acerca del proceso de aprendizaje y construcción de conocimiento que se promueven con la integración de la DS en los estudiantes, además de evaluar el mismo proceso de investigación adelantado por los expertos que coordinan el proyecto escolar del proyecto SAT en salud.

A continuación se presentan las principales conclusiones:

- ✓ La posibilidad de triangular datos cuantitativos y cualitativos, provenientes de diversas fuentes como estudiantes, docentes e investigadores (en diferentes roles), permitió apreciar que la DS favorece el desarrollo de pensamientos en estudiantes en formación escolar para el entendimiento del fenómeno de una epidemia.
- ✓ La realización de experimentos de simulación y la representación gráfica de resultados ofreció a los estudiantes escenarios que motivaron y reforzaron reflexiones para un mejor entendimiento del fenómeno estudiado.
- ✓ Los estudiantes mostraron aceptación a la propuesta de trabajo con DS y realizaron las actividades de clase con gran motivación.
- ✓ Se identificó que el equipo de expertos seguían una estructura de planeación y desarrollo de actividades, muy cercana a la propuesta en los lineamientos para el desarrollo de EE.
- ✓ Al no existir en las definiciones iniciales del proyecto una clara intención de desarrollar las experiencias en un marco experimental de observación, se presentan carencias en las orientaciones específicas que permiten un seguimiento más detallado, desde varias perspectivas y con diversas técnicas a cada experiencia de clase.

- ✓ Las EE realizadas en el marco del proyecto, aunque no contaron con un amplio conjunto de técnicas experimentales, gracias a la implementación de observación experimental a cargo un experto independiente, se lograron apreciaciones de las cuales los expertos orientadores de cada actividad no eran conscientes, al tener sus esfuerzos concentrados en el desarrollo adecuado de las experiencias. Otro tipo de mirada permitió la identificación de elementos adicionales en el desarrollo de las experiencias.
- ✓ Los resultados obtenidos ofrecieron insumos para reorientar el desarrollo de las próximas actividades contempladas en la agenda del proyecto y que incluyen el uso de simuladores.
- ✓ Algunas recomendaciones fueron tenidas en cuenta de manera inmediata, en el mismo desarrollo de la actividad observada o en las siguientes.
- ✓ Aunque el ambiente informático usado había sido evaluado y aprobado por los expertos en DS, con las EE se evidenciaron requerimientos o ajustes para que el apoyo informático de simulación brindaran mayores aportes.
- ✓ Se aprecian grandes logros con el uso de DS en el proyecto escolar, sin embargo, las reflexiones obtenidas a partir de las EE pueden orientar acciones que permitan alcanzar mayores aportes en la generación de los aprendizajes esperados.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- ✓ Las EE han brindado lineamientos de tipo metodológico, que orientan una acción con mayor formalidad al momento de realizar experiencias escolares con integración del modelado y simulación con DS.
- ✓ Las EE se convierten en una guía que permite la evaluación de diferentes elementos construidos con el objetivo de integrar la DS a la educación, tales como metodologías, útiles, recursos computacionales y proyectos escolares, en un marco de investigación-acción que demanda la realización de experiencias en campo. Se promueven ejercicios de evaluación abiertos a usuarios reales que refuerzan las pruebas realizadas de manera controlada y con muestra de usuarios típicas en estudios e investigaciones.
- ✓ La realización de EE, permite garantizar la naturaleza del escenario escolar en el cual se interviene, permitiendo la observación de situaciones y comportamientos que se dan en la misma dinámica real en la que posteriormente se usará la DS.
- ✓ Se evidencia que una mayor formalidad en el seguimiento a las experiencias, permiten una mayor consciencia y facilidad de identificación de los aspectos que están influyendo en el escenario escolar, y por lo tanto permite decidir reorientaciones oportunas en la misma acción.
- ✓ EL producto del presente trabajo de investigación, tiene pertinencia y sentido en el contexto de interpretación que presenta la misma propuesta en su marco teórico.
- ✓ Los desarrollos a nivel de ingeniería de software que tiene finalidades educativas, requieren además de las pruebas técnicas de funcionalidad estandarizadas, pruebas que verifiquen sus aportes a los procesos formativos y que orienten su uso adecuado. No es suficiente contar con excelentes soluciones informáticas, es necesario promover una configuración de ambientes informáticos pertinentes en donde las personas generan procesos de innovación y construcción de aprendizajes significativos y que orienten su actuación, a partir de las tecnologías disponibles.

- ✓ Las EE presenta una propuesta de integración de técnicas y enfoques experimentales, que soporta múltiples diseños de EE de acuerdo a las necesidades investigativas y características de los contextos.
- ✓ Con las EE ha sido posible no sólo verificar los aportes de la DS en el contexto escolar, sino también, identificar los factores que favorecen o dificultan su integración.

6.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Implementar los lineamientos de EE en nuevos casos de estudio que aporten nuevos elementos que fortalezcan la propuesta, pues entre más EE se realicen mayores serán los hallazgos y aprendizajes.
- ✓ Reconocimiento a las características del contexto en el cual se implementan las EE, pues su pertinencia e interpretación de resultados, se posibilita sólo bajo las condiciones explícitas de diseño y desarrollo de experiencias con estudiantes en el marco teórico. Otro tipo de experiencias pueden no soportar una evaluación mediante Experiencias-Experimentos.
- ✓ Es necesario que los participantes de las EE, sean conscientes de la importancia del registro oportuno y disciplinado de las impresiones en cada momento de las experiencias observadas, pues sólo de esta manera se podrán tener suficientes datos de análisis que representen de manera muy próxima el fenómeno estudiado.
- ✓ Realizar EE en estudios que busquen apreciar aportes de la DS, no sólo en aprendizajes curriculares, si no en transformaciones de pensamiento en los estudiantes que puedan generar cambios fundamentales en sus escuelas y en su formación como ser social.
- ✓ Incluir en el desarrollo software de aplicaciones para uso de la DS en educación, actividades de evaluación en el marco de EE, que permita verificar aportes al proceso formativo y reorientar aspectos del diseño a nivel ingenieril.

ANEXOS

7 ANEXOS

7.1 ANEXO A: Guía Experimental

GUÍA EXPERIMENTAL

INFORMACIÓN GENERAL

Nombre De La Actividad: _____

Fecha: _____ Hora: _____

Institución Educativa: _____

Docente Encargado: _____

Número De Estudiantes: ____ Grado: ____ Guía: _____

Observador: _____

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

OBSERVACIONES

SUGERENCIAS

7.2 ANEXO B: Guía general simulador juego de la epidemia

GUÍA GENERAL SIMULADOR JUEGO DE LA EPIDEMIA

NOMBRE: _____ GRADO: _____

COLEGIO: _____ FECHA: _____ GUIA: _____

Situación problemática:

El juego de la epidemia nos presentó el comportamiento de una epidemia en una población, pero se hace necesario presentar otros escenarios en los que podría darse el juego, por ejemplo en sanos y enfermos en otras cantidades; además contamos con un simulador que nos permite visualizar diferentes escenarios y construir la relación entre el juego, el simulador y el fenómeno estudiado.

¿De qué manera los estudiantes logran relacionar el juego de la epidemia, el simulador del juego a través del computador y la realidad del contagio de una enfermedad en una comunidad?

Conocimientos previos: Socialización y reflexiones del juego de la epidemia: causas del contagio de una enfermedad, elaboración y análisis de gráficas de acuerdo a datos específicos, medidas de prevención para evitar el contagio de una enfermedad.

Conocimientos nuevos: prevención de enfermedades, relaciones fenómeno – juego - modelo, diagramas de flujo y niveles

ESTÁNDARES BÁSICOS DE COMPETENCIA:

MATEMÁTICAS

- Justifico la pertinencia de utilizar unidades de medida estandarizadas en situaciones tomadas de distintas ciencias
- Reconozco cómo diferentes maneras de presentación de información pueden originar distintas interpretaciones.
- interpreto analítica y críticamente información estadística proveniente de diversas fuentes (prensa, revistas, televisión, experimentos, consultas, entrevistas)
- Identifico las características de las diversas gráficas cartesianas (de puntos, continuas, formadas por segmentos, etc.) en relación con la situación que representan.
- Identifico en el contexto de una situación, la necesidad de un cálculo exacto o aproximado y lo razonable de los resultados obtenidos.
- Represento datos usando tablas y gráficas (pictogramas, gráficas de barras, diagramas de líneas, diagramas circulares).
- Interpreto información presentada en tablas y gráficas. (pictogramas, gráficas de barras, diagramas de líneas, diagramas circulares).
- Describo e interpreto variaciones representadas en gráficos.
- Analizo y explico relaciones de dependencia entre cantidades que varían en el tiempo con cierta regularidad en situaciones económicas, sociales y de las ciencias naturales.
- Reconozco la relación entre un conjunto de datos y su representación.
- Interpreto, produzco y comparo representaciones gráficas adecuadas para presentar diversos tipos de datos. (diagramas de barras, diagramas circulares.)
- Reconozco el conjunto de valores de cada una de las cantidades variables ligadas entre sí en situaciones concretas de cambio (variación).

CIENCIAS NATURALES

- Utilizo las matemáticas como una herramienta para organizar, analizar y presentar datos
- Establezco relaciones entre transmisión de enfermedades y medidas de prevención y control
- Relaciono la información recopilada con los datos de mis experimentos y simulaciones
- Identifico condiciones que influyen en los resultados de un experimento y que pueden permanecer constantes o cambiar (variables)

TECNOLOGÍA E INFORMÁTICA

- Describo y explico las características y El funcionamiento de algunos artefactos, productos, procesos y sistemas de mi entorno y los uso en forma segura y apropiada.
- Selecciono, adapto y utilizo artefactos, procesos y sistemas tecnológicos sencillos en la solución de problemas en diferentes contextos.
- Identifico, formulo y resuelvo problemas apropiando conocimiento científico y tecnológico, teniendo en cuenta algunas restricciones y condiciones; reconozco y comparo las diferentes soluciones.
- Selecciono y utilizo eficientemente, en el ámbito personal y social, artefactos, productos, servicios, procesos y sistemas tecnológicos teniendo en cuenta su funcionamiento, potencialidades y limitaciones.

Evidencias de la consecución de los estándares básicos de competencia:

Estos se conseguirán a partir del trabajo con el simulador de la epidemia y la relación del juego práctico, en donde a partir de las socializaciones y reflexiones que se lograron de los estudiantes deberán interactuar con el simulador del juego, en donde tendrán la posibilidad de alterar diferentes valores para conocer el desarrollo de la enfermedad de acuerdo al número de sanos y de enfermos y así conocer un poco más la dinámica del contagio de acuerdo a gráficas suministradas por el simulador que darán paso al abordaje de temas relacionados directamente con los estándares básicos en competencias en las asignaturas ya mencionadas anteriormente

De acuerdo a lo anterior se tratara el análisis de gráficas, la variación de datos, la interpretación de información, el establecimiento de relaciones entre contagiados y sanos, la interacción con el simulador, entre otras actividades que dejaran lograr los objetivos propuestos para esta actividad.

Estrategia didáctica: Recepción – significativa

Actividades de aprendizaje		Procedimientos metodológicos	Criterios de evaluación	Producto
Actividad de inicio-introductoria/exploratoria	Retomar conclusiones y reflexiones de la experiencia con el juego de la epidemia	Para dar inicio se retomarán las conclusiones y reflexiones que se pudieron llevar a cabo en la actividad práctica del juego de la epidemia y se observarán algunas de las graficas que se construyeron con la experiencia del juego en vivo.	Participación y atención de los estudiantes hacia la actividad desarrollada de acuerdo a sus pre-saberes	Introducción al simulador de acuerdo al juego de la epidemia
Actividad de desarrollo o actividad explicativa	Trabajo por grupos en computadores con el simulador	A continuación se ubicará en parejas a los estudiantes en cada uno de los computadores, en los que ya se ha instalado con anticipación el programa necesario para trabajar con el simulador. La docente encargada dará las explicaciones y recomendaciones pertinentes para el uso y manejo del simulador.	Se tendrán en cuenta las normas estipuladas por la institución para el manejo de los equipos y el comportamiento en la sala de informática. Por otra parte, constantemente el maestro está visitando a los	Juego con el simulador y relación de contagio entre enfermos y sanos

		Seguidamente se dará inicio a la interacción con el juego en donde los estudiantes deberán observar y analizar las graficas que se van creando y las alteraciones que se presentan al variar los datos de sanos y enfermos.	estudiantes en cada uno de los computadores para observar el desarrollo de la actividad.	
Actividad de síntesis o Actividad argumentativa y comprensiva	Explicación, comparaciones y análisis del juego de la epidemia con el simulador	<p>Tendrán que realizar comparaciones de las graficas que realizaron en la primera actividad y las que pudieron observar con el simulador, teniendo en cuenta todos los aspectos influyentes: sanos, enfermos y tiempo.</p> <p>A partir de esto se consolidarán aprendizajes del juego como la noción de prevención para evitar el contagio de enfermedades.</p> <p>Por otra parte se llegará a la relación fenómeno-juego (modelo y simulación en vivo)-modelo (de simulación del juego del fenómeno por computador).</p> <p>Opcional: usar el diagrama de flujos y niveles como un dibujo explicativo de los eventos simulados con el animador.</p>	Se tomarán las opiniones sobre el simulador y las comparaciones que se realizaron en relación con el juego práctico de la epidemia y la prevención para evitar el contagio de enfermedades.	Relación fenómeno-juego (modelo y simulación en vivo)-modelo (de simulación del juego del fenómeno por computador).

Tiempo estimado:				
60 minutos				
Recursos necesarios:				
<ul style="list-style-type: none"> • Graficas XvsY sobre epidemia, enfermos y sanos • Un computador para cada pareja de estudiantes • Simulador del juego de la epidemia 				
Novedades de la clase:				
<p>Los estudiantes se organizarán en lo computadores de acuerdo a los que la institución tenga disponible en el momento para esa actividad.</p> <p>Llegado el caso que los estudiantes no tengan las gráficas que se habían realizado en la actividad pasada el maestro deberá contar con la que se tomó para la puesta en común.</p>				
Observaciones del profesor titular				
Observaciones asesor				

ANEXOS

Para poder llevar a cabo la clase del simulador se debe tener en cuenta la actividad previa realizada a los estudiantes conocida como juego de la epidemia.

JUEGO DE LA EPIDEMIA

Con este juego se recreaba (simula) en vivo, la epidemia de una enfermedad. Esta epidemia se propagaba por el contacto directo entre personas sanas y enfermas (contagiadas). Las personas que se contagiaban, propagan la enfermedad, permaneciendo como enfermos durante todo el juego. El contagio se daba cuando había contacto entre sanos y enfermos, pero no siempre sucedía esto, pues el contagio también dependía de la señal dada el árbitro, por lo tanto se produce contagio algunas veces sí otras veces no.

JUGADORES, MATERIALES Y RECURSOS PARA EL JUEGO.

1 árbitro (se recomienda que sea el profesor), los estudiantes que actúan como jugadores, Planilla de Registro que se usa durante el juego (para cada estudiante), la Planilla de registro que se usa al iniciar y finalizar el juego (para el árbitro o profesor), Hoja de Gráficas y preguntas para la socialización o reflexión.

INSTRUCCIONES

Para comenzar el docente encargado de la realización del juego debía repartir las planillas y dar las correspondientes explicaciones para el desarrollo del juego.

Igualmente escogía un estudiante (en secreto) que iba a actuar como primer contagiado o enfermo y esta era el encargado de contagiar en el transcurso del juego a los demás y dar origen a una epidemia.

Tabla 2: Planilla # 2. Resultados Generales (Árbitro), con algunos datos de ejemplo

1	2	3	4	5	6
JUGADA #	SEÑAL DEL ARBITRO	# que Se enfermaron en esta	# Sanos (lo que lleva en esta columna – la 3 de	Acumulado Enfermos (lo que lleva en esta Columna + la 3 y – la	<i>TOTAL</i> (<i>Sanos+</i> <i>Enfermos</i>)

	½	jugada	esta jugada)	4 de esta jugada).	
1	2	0	19	1	20
2	2	1	18	2	20
3	1	0	18	2	20
4	2	0	18	2	20
5	1	0	18	2	20
6	2	0	18	1	20
7	1				
8	1				
9	1				
10	2				



Antes de comenzar el árbitro debía escribir al azar en la casilla 2 (señal del árbitro) los números 1 o 2 según lo desee. Igualmente los estudiantes en la casilla 2 escogían el numero que deseaban (1 ó 2).



1	2	3	4	5
JUGADA #	Jugador 1 o 2	SEÑAL DEL ARBITRO 1 o 2	ESTA SANO Y SALUDÓ A UN ENFERMO SI/NO	ESTADO S/E
1	1	2	No	S
2	2	2	No	S
3	1	1	Si	E

4	2	2	-	<i>E</i>
5	1	1	-	<i>E</i>
6	1	2	-	<i>E</i>
7	1	1	-	<i>E</i>
8	2	1	-	<i>E</i>
9	1	1	-	<i>E</i>
10	1	2	-	<i>E</i>

Las demás casillas las completaban de acuerdo a lo que sucedía en el transcurso de la enfermedad.

Para dar inicio al juego, los estudiantes se dirigían a la cancha y se organizaban en círculo, y se explicaba que la señal dada por el árbitro (casilla 2) si coincidía con el estudiante (casilla 2) y este a su vez saludaba a un enfermo quedaba contagiado de lo contrario no, y cuál iba a ser la señal dada por el enfermo. Así todos van saludando a los compañeros (evitando saludar al mismo), hasta que la todos quedaban contagiados.

Al terminar el juego el árbitro realizaba una socialización inicial con respecto a:

¿Qué creen que pasó con el juego: todos se contagiaron? (¿porqué?) – ¿Hay más sanos que al inicio del juego?, ¿hay más enfermos que al inicio?

¿Cuántos se enfermaron en la jugada 1?: Cuenta el número de jugadores que levantan la mano y lo registra en la columna 3 (# de personas que se enfermaron en esta jugada).

¿Cuántos quedan sanos? Los calcula así: sanos que quedan = sanos que habían menos la cantidad que se enfermó en la jugada.

Repita estas preguntas para cada una de las jugadas.

Luego se realizaban una graficas de XvsY de sano vs enfermos de acuerdo a lo observado en el juego.

Por último se respondían unas preguntas de los conocimientos o las cosas que pudieron deducir acerca de: ¿qué es un contagio?, ¿qué es una epidemia?, ¿Cómo evitar la epidemia?, precauciones para evitar el contagio, y ¿qué podrían hacer los enfermos?

7.3 ANEXO C: Guía de uso del simulador de una epidemia

GUÍA DE USO DEL SIMULADOR DE UNA EPIDEMIA

NOMBRE: _____ GRADO: _____
COLEGIO: _____ FECHA: _____ GUIA: _____

INTRODUCCIÓN

Los juegos de simulación permiten experimentar con un juego (actividades lúdicas) en el computador, observando el comportamiento de diversos fenómenos. Este simulador¹⁶ hace parte de una actividad que contiene un juego (simulación en vivo) y un simulador (simulación en el computador) que representa la epidemia de CHAGAS. Con el simulador se puede experimentar con diferentes niveles de prevención y observar el comportamiento de la epidemia. El objetivo es aprender para que cada uno se haga consciente de la necesidad de implementar las medidas de prevención necesarias ante la epidemia de CHAGAS.

PROPÓSITO

El simulador (Figura 21) "JUEGO DE LA EPIDEMIA", busca que la comunidad educativa, mediante experimentos, aprecie los efectos que sobre la propagación de la epidemia, pueden lograr las medidas de prevención de sanos y enfermos. En general, esta actividad promueve reflexiones y aprendizajes sobre la epidemia de chagas y la importancia de las medidas de prevención.

¹⁶ Disponible en <http://simon.uis.edu.co/libroms>



Figura 21: Simulador del juego de la epidemia

SIMULADOR

El simulador presenta por medio de una gráfica (Figura 22) dinámica, el comportamiento de una epidemia en términos de la cantidad de personas enfermas y sanas de una población. Este comportamiento, representa una epidemia que se inicia cuando una persona enferma, no toma medidas de prevención e ingresa a una población inicialmente sana.



Figura 22: Gráfica dinámica del simulador.

Para controlar la simulación contamos con cuatro botones (Figura 23), que permiten las siguientes acciones:

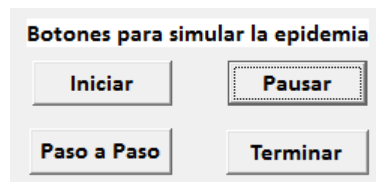


Figura 23: Botones para Simular

- **Iniciar:** Permite al usuario iniciar la simulación, es decir, iniciar la propagación de la epidemia en el día 1 y termina en el día 100, de manera continúa.

- **Paso a Paso:** Permite al usuario observar día a día el comportamiento, cada vez que se hace un clic, la simulación avanza un día.
- **Pausar:** Permite al usuario, después de iniciar la simulación, pausarla; es decir, al hacer clic, se detiene la simulación y al hacer clic de nuevo, la simulación continúa en el mismo instante que se pausó.
- **Terminar:** Permite al usuario dar por terminada una simulación que está en desarrollo.

Al realizar la simulación se observa que la mayoría de los sanos se contagian de la epidemia y por tanto se enferman. Es posible reducir la cantidad que se enferman aumentando las medidas de prevención (Figura 24) de los sanos y/o de los enfermos. Cada una de las barras, la de los enfermos y la de los sanos, representan el número de los enfermos y los sanos.

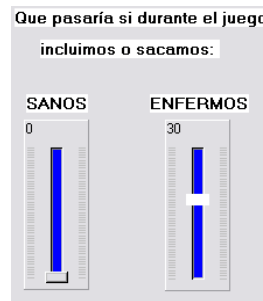


Figura 24: Números de personas sanas y enfermas

Para conocer el efecto que sobre el comportamiento de la epidemia que ejerce la prevención, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Inicie la Simulación con el botón iniciar. (o con el de Paso a Paso)
- Pause la simulación con el botón pausar. (no se requiere si está usando el Paso a Paso)
- Modifique el valor de la barra desplazándola hacia arriba para aumentar o hacia abajo para disminuirla. Puede modificar una sola barra (de enfermos o de sanos) o las dos.
- Continúe la simulación, haciendo clic en el botón pausar (o en el de Paso a Paso)
- Observe en la gráfica el efecto de su modificación en la prevención.
- Para terminar la simulación: puede hacerlo utilizando el botón terminar o puede esperar hasta el día 100, en el cual termina automáticamente.
- Para realizar otra modificación, realice de nuevo los pasos del 1 al 5

Con las acciones mencionadas se puede simular diversas situaciones con diferentes valores para las tasas de número de enfermos y de sanos, aprendiendo sobre el comportamiento de la epidemia.

Nota: Si está interesado en realizar otras simulaciones modificando otras condiciones, como el número de días, el número de personas, el número de enfermos al iniciar, etc. Comuníquese con el Grupo SIMON de Investigación, al correo simon@uis.edu.co o al sitio web: http://simon.uis.edu.co/redescuela/actividades/actividades_index_u.php

7.4 ANEXO D: Guía docente simulador juego de la epidemia

GUIA DOCENTE PARA EL SIMULADOR DEL JUEGO DE LA EPIDEMIA

NOMBRE: _____ GRADO: _____

COLEGIO: _____ FECHA: _____ GUIA: _____

ACTIVIDADES PRELIMINARES

1. Para dar inicio, junto con los estudiantes recuerde el juego de la epidemia realizado con anterioridad, retomar las conclusiones que pudieron sacar los estudiantes y las graficas que realizaron de sanos y enfermos terminado el juego, realice preguntas tales como:
 - ¿Con cuántos enfermos inicio y terminó el juego?
 - ¿Cuántos sanos iniciaron y cuantos terminaron?
 - ¿Se produjo contagio en el desarrollo del juego?
 - ¿Qué quería decir la grafica de sanos y enfermos que realizaron al final el juego de la epidemia?
2. A continuación, presente de forma general el simulador a los estudiantes donde ellos puedan conocer los botones que lo componen e interactuar con ellos de una manera dirigida:

La presentación y la motivación para el uso del simulador a los estudiantes la realizó a través de:

- Explicación oral**
- Ejercicios con el simulador**
- Lectura dirigida de la guía**
- Otros. ¿Cuál? _____**

En este momento entregue la guía para que los estudiantes puedan relacionarse un poco con el simulador antes de comenzar.

3. Realizar una relación del juego de la epidemia con el simulador, mostrando la igualdad de las graficas y el número de jugadores contagiados en cada jugada.

ACTIVIDADES DE DESARROLLO

1. Orientar a los estudiantes para el desarrollo de la guía de trabajo, recordando que deben responder todas las preguntas y seguir uno a uno los pasos.
2. Mientras los estudiantes desarrollan la actividad, se pueden dar explicaciones individuales a los que no entiendan algunos puntos.

Que dificultades presentan a los estudiantes en el desarrollo de la guía:

No olvide ir observando las gráficas que se van mostrando en el simulador a los estudiantes y de manera general las diferencias de la una a la otra.

Recomendaciones a la guía de acuerdo a la observación y el desarrollo de la actividad:

ACTIVIDADES DE FINALIZACIÓN

Cuando sus estudiantes hayan finalizado el desarrollo de la guía, retome algunas graficas que haya observado y pregunte:

- ¿Por qué sucedió la diferencia de graficas a medida que avanzaban en el desarrollo de la guía?
- Que otras cosas pudieron observar respecto al número de sanos y enfermos

Por último se recoge la guía de trabajo de los estudiantes, mirando que respondan todas las preguntas planteadas.

Sugerencias:

7.5 ANEXO E: Guía escolar estudiantes simulación juego de la epidemia

GUÍA ESCOLAR PARA ESTUDIANTES CLASE SIMULACIÓN JUEGO DE LA EPIDEMIA

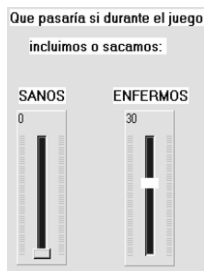
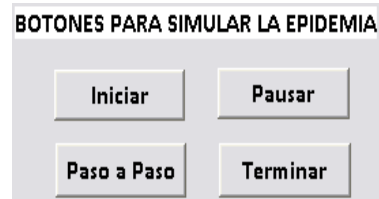
NOMBRE: _____ GRADO: _____

COLEGIO: _____ FECHA: _____ GUIA: _____

Este simulador presenta la dinámica del comportamiento de una enfermedad. Los comportamientos, representan una epidemia que se inicia cuando una persona enferma, no toma medidas de prevención e ingresa a una población sana.

Para controlar la simulación están disponibles los siguientes botones:

- **Iniciar:** inicia la simulación.
- **Paso a Paso:** observa día a día el comportamiento, cada vez que se hace un clic, la simulación avanza un día.
- **Pausar:** Permite después de iniciar la simulación, pausarla.
- **Terminar:** Permite al usuario dar por terminada una simulación que está en desarrollo.



Para conocer el efecto sobre el comportamiento de la epidemia que ejerce la variación entre sanos y enfermos, hay disponibles dos barras con las que al interactuar se pueden modificar la cantidad de personas sanas y enfermas desplazándola hacia arriba para aumentar o hacia abajo para disminuir y así observar las características o modificaciones que expresan las gráficas.

Para comenzar, realiza los siguientes pasos en el simulador del juego de la epidemia:

- Inicie la Simulación con el botón **iniciar** y espere a que termine la simulación.
- Observa que forma tiene la gráfica y responde:
- ¿Con cuántos enfermos inicio y terminó la gráfica? _____
- ¿En qué día, había la misma cantidad de enfermos y sanos? _____
- ¿Cuál es la duración en días de la epidemia? _____
- ¿Cuántas personas conforman la población? _____
- Inicie nuevamente la simulación con el botón iniciar, espere unos segundos y pause la simulación con el botón pausar.

- Modifique el valor de la barra de enfermos, desplazándola hacia arriba para aumentar la cantidad de enfermos a 20 personas, y continúe la simulación haciendo click en iniciar.
-
- Observe en la gráfica el efecto de su modificación
- ¿Qué sucedió? _____
-
- ¿En qué día se produjo el mayor aumento de enfermos? _____
- ¿Qué diferencia hay en comparación con la primera gráfica? _____
-
- ¿En qué día, había la misma cantidad de enfermos y sanos? ¿Por qué sucedió el contagio más rápido que en la primera gráfica? _____
-
- Repita los pasos 4 al 7, pero en lugar de modificar la cantidad de enfermos, modifique la cantidad de sanos aumentando a 50 personas y continúe la simulación.
- Espere unos segundos y pause nuevamente la simulación, suba el número de sanos al máximo y continúe la simulación. Ahora responda:
- ¿Qué le paso a la gráfica? _____
-
- ¿A qué se deben esas dos alteraciones que se muestran en la gráfica? ¿Qué significa? _____
-
- Ahora, dirígete en el simulador a la vista 2 e inicia la simulación nuevamente. Pausa la simulación y aumenta el número de sanos a 42 y da click en el botón paso a paso.
- ¿Qué sucedió con el contagio? _____
- ¿Qué significa cuando el contagio en la gráfica llega a su punto máximo de personas y comienza a disminuir? _____
-
- Inicie nuevamente la simulación y espere, al terminar ¿Qué diferencia puede notar entre la grafica del punto 7 y esta? _____

- ¿Fue de su agrado trabajar con el simulador? ¿Qué conocimientos adquirió o reforzó?

- ¿Cuáles dificultades se le presentaron al trabajar con el simulador?

7.6 ANEXO F: Registro de estudiantes guía escolar

Juan Esteban Prada Román B5116

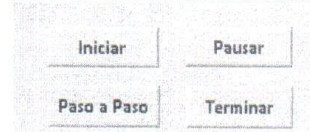
GUIA DE TRABAJO CON EL SIMULADOR DEL JUEGO DE LA EPIDEMIA

Este simulador presenta por medio de una grafica la dinámica del comportamiento de una enfermedad, de acuerdo a las personas sanas y enfermas. Este comportamiento, representa una epidemia que se inicia cuando una persona enferma, no toma medidas de prevención e ingresa a una población inicialmente sana.

Para controlar la simulación están disponibles cuatro botones que permiten las siguientes acciones:

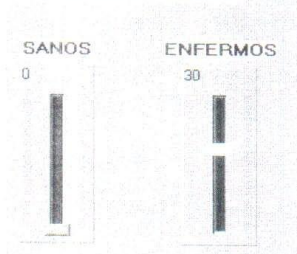
- **Iniciar:** inicia la simulación.
- **Paso a Paso:** observa día a día el comportamiento, cada vez que se hace un clic, la simulación avanza un día.
- **Pausar:** Permite después de iniciar la simulación, pausarla.
- **Terminar:** Permite al usuario dar por terminada una simulación que está en desarrollo.

BOTONES PARA SIMULAR LA EPIDEMIA



Que pasaría si durante el juego

incluimos o sacamos:



Igualmente, Para conocer el efecto sobre el comportamiento de la epidemia que ejerce la variación entre sanos y enfermos, hay disponibles dos barras con las que al interactuar se pueden modificar la cantidad de sanos y enfermos desplazándola hacia arriba para aumentar o hacia abajo para disminuir y así observar las características o modificaciones que expresan las gráficas.

Para comenzar, realiza los siguientes pasos en el simulador del juego de la epidemia:

1. Inicie la simulación con el botón iniciar y espere a que termine la simulación.
2. Observa que forma tiene la gráfica y responde:
 - ¿Con cuántos enfermos inicio y terminó la gráfica?
comenzo con 1 enfermo y termino con 30 ✓
 - ¿En qué día, había la misma cantidad de enfermos y sanos?
en el día 11 ✓
 - ¿Cual es la duración en días de la epidemia?
30 dias ✓
 - ¿cual es el número de personas que conforman la población?
30 personas ✓
3. Inicie nuevamente la simulación con el botón iniciar y unos segundos después pause la simulación con el botón pausar.

4. Modifique el valor de la barra de enfermos, desplazándola hacia arriba para aumentar la cantidad de enfermos a 20 personas.
5. Continúe la simulación, haciendo clic en el botón iniciar.
6. Observe la gráfica el efecto de la modificación y responda:

- ¿Qué sucedió?
al alterar la grafica de los enfermos
combia
- ¿En qué día se produjo el mayor aumento de enfermos?
en el dia 5
- ¿Qué diferencia hay en comparación con la primera gráfica?
que los en fermos aumentan mas rapido
- ¿En qué día había la misma cantidad de enfermos y sanos? ¿Por qué sucedió el contagio mas rápido que en la primera gráfica?
en el dia 5

7. Inicie nuevamente la simulación con el botón iniciar y unos segundo después pause la simulación con el botón pausar.
8. Modifique el valor de la barra de los sanos, desplazándola hacia arriba para aumentar la cantidad de sanos a 50 personas.
9. Continúe la simulación, haciendo clic en el botón iniciar.
10. Espere unos segundos y pause nuevamente la simulación y suba el numero de sanos al máximo
11. Deje terminar la simulación dando clic en iniciar y responda:

- ¿Qué le paso a la gráfica?
que los los sanos empesaron a aumentar
- ¿A qué se deben esas dos alteraciones que se muestran en la gráfica? ¿Qué significa?
a que se aumenta el numero de enfermos
- ¿Fue de su agrado trabajar con el simulador? ¿Qué conocimientos adquirió o reforzó?
si
- ¿Cuáles dificultades se le presentaron al trabajar con el simulador?
ninguna dificultad

NOMBRE: Cesar Augusto Ospita Carreño GRADO: 9-2
 COLEGIO: Jose Maria Estevez FECHA: 27-08-2022 GUIA: E1A6

C9224

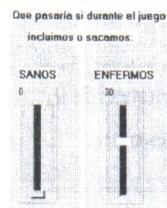
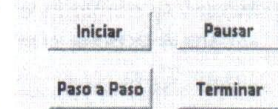
GUIA DE TRABAJO CON EL SIMULADOR DEL JUEGO DE LA EPIDEMIA

Este simulador presenta la dinámica del comportamiento de una enfermedad. Los comportamientos, representan una epidemia que se inicia cuando una persona enferma, no toma medidas de prevención e ingresa a una población sana.

Para controlar la simulación están disponibles los siguientes botones:

- **Iniciar:** inicia la simulación.
- **Paso a Paso:** observa día a día el comportamiento, cada vez que se hace un clic, la simulación avanza un día.
- **Pausar:** Permite después de iniciar la simulación, pausarla.
- **Terminar:** Permite al usuario dar por terminada una simulación que está en desarrollo.

BOTONES PARA SIMULAR LA EPIDEMIA



Para conocer el efecto sobre el comportamiento de la epidemia que ejerce la variación entre sanos y enfermos, hay disponibles dos barras con las que al interactuar se pueden modificar la cantidad de personas sanas y enfermas desplazándola hacia arriba para aumentar o hacia abajo para disminuir y así observar las características o modificaciones que expresan las gráficas.

Para comenzar, realiza los siguientes pasos en el simulador del juego de la epidemia:

1. Inicie la Simulación con el botón **iniciar** y espere a que termine la simulación.
2. Observa que forma tiene la gráfica y responde:
 - ¿Con cuantos enfermos inicio y terminó la gráfica? empezo con 1 y termino con 30. ✓
 - ¿En que día, había la misma cantidad de enfermos y sanos? en el día 11. ✓
 - ¿Cual es la duración en días de la epidemia? 30 dias es la duración ✓
 - ¿Cuantas personas conforman la población? 30, 29 sanas y 1 enferma. ✓
3. Inicie nuevamente la simulación con el botón iniciar, espere unos segundos y pause la simulación con el botón pausar.
4. Modifique el valor de la barra de enfermos, desplazándola hacia arriba para aumentar la cantidad de enfermos a 20 personas, y continúe la simulación haciendo click en iniciar.

5. Observe en la gráfica el efecto de su modificación
- ¿Qué sucedió? Cambio, la cantidad de enfermos aumento despues del dia 5. y despues del dia 15 ya todos estaban enfermos ✓
 - ¿En que día se produjo el mayor aumento de enfermos? en el dia 5. ✓
 - ¿Qué diferencia hay en comparación con la primera gráfica? la duracion del contagio de enfermos a sanos es mas rapida. ✓
 - ¿En que día, había la misma cantidad de enfermos y sanos? ¿Por qué sucedió el contagio mas rápido que en la primera gráfica? en el dia 6., por que agregamos mas personas enfermas lo cual altero la grafica ✓
6. Repita los pasos 4 al 7, pero en lugar de modificar la cantidad de enfermos, modifique la cantidad de sanos aumentando a 50 personas y continúe la simulación.
7. Espere unos segundos y pause nuevamente la simulación, suba el número de sanos al máximo y continúe la simulación. Ahora responda:
- ¿Qué le paso a la gráfica? es diferente tienes dos alteracione que demuestra que la cantidad de sanos sube el dia 5 y 8. ✓
 - ¿A qué se deben esas dos alteraciones que se muestran en la gráfica? ¿Qué significa? eso se debe a que yo modifique la cantidad de sanos a 50 y lo deje uno segundo lo pare de nuevo y otraves lo comble a 50 ✓
8. Ahora, dirígete en el simulador a la vista 2 e inicia la simulación nuevamente. Pausa la simulación y aumenta el número de sanos a 42 y da click en el botón paso a paso.
- ¿Qué sucedió con el contagio? que el dia 5,8 tubo un aumento en el contagio. ✓
 - ¿Qué significa cuando el contagio en la grafica llega a su punto máximo de personas y comienza a disminuir? significa que las personas ya los paso el contagio o estan siendo sanados X
9. Inicie nuevamente la simulación y espere, al terminar ¿Qué diferencia puede notar entre la grafica del punto 7 y esta? que el kusto dos muestra el tiempo en que se realiza el contagio y en la 7 muestra la cantidad de contagiados y sano

¿Fue de su agrado trabajar con el simulador? ¿Qué conocimientos adquirió o reforzó?

si, es muy vacano y aprendi a trabajar con las graficas y refortze la habilidad mental.

¿Cuáles dificultades se le presentaron al trabajar con el simulador?

algunas veces no entendia la grafica. y me tocaba pedirle ayuda al profesor.

NOMBRE: Josmar Arbecy Arceon Esteban GRADO: 8-2
 COLEGIO: Colegio tecnico emparangal FECHA: 27 GUIA: E1A6

C8221

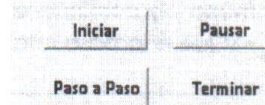
GUIA DE TRABAJO CON EL SIMULADOR DEL JUEGO DE LA EPIDEMIA

Este simulador presenta la dinámica del comportamiento de una enfermedad. Los comportamientos, representan una epidemia que se inicia cuando una persona enferma, no toma medidas de prevención e ingresa a una población sana.

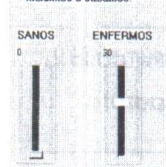
Para controlar la simulación están disponibles los siguientes botones:

- **Iniciar:** inicia la simulación.
- **Paso a Paso:** observa día a día el comportamiento, cada vez que se hace un clic, la simulación avanza un día.
- **Pausar:** Permite después de iniciar la simulación, pausarla.
- **Terminar:** Permite al usuario dar por terminada una simulación que está en desarrollo.

BOTONES PARA SIMULAR LA EPIDEMIA



Que pasaría si durante el juego incluímos o sacamos:



Para conocer el efecto sobre el comportamiento de la epidemia que ejerce la variación entre sanos y enfermos, hay disponibles dos barras con las que al interactuar se pueden modificar la cantidad de personas sanas y enfermas desplazándola hacia arriba para aumentar o hacia abajo para disminuir y así observar las características o modificaciones que expresan las gráficas.

Para comenzar, realiza los siguientes pasos en el simulador del juego de la epidemia:

1. Inicie la Simulación con el botón **iniciar** y espere a que termine la simulación.
2. Observa que forma tiene la gráfica y responde:
 - ¿Con cuantos enfermos inicio y terminé la gráfica? 1 - termino con 30 ✓
 - ¿En que día, había la misma cantidad de enfermos y sanos? 11 ✓
 - ¿Cual es la duración en días de la epidemia? 30 dias ✓
 - ¿Cuantas personas conforman la población? 30 personas ✓
3. Inicie nuevamente la simulación con el botón iniciar, espere unos segundos y pause la simulación con el botón pausar.
4. Modifique el valor de la barra de enfermos, desplazándola hacia arriba para aumentar la cantidad de enfermos a 20 personas, y continúe la simulación haciendo click en iniciar.

5. Observe en la gráfica el efecto de su modificación
 - ¿Qué sucedió? que los sanos se volvieron enfermos por una persona
 - ¿En que día se produjo el mayor aumento de enfermos? En el día 9
 - ¿Qué diferencia hay en comparación con la primera gráfica? mucho porque sucedio cambio
 - ¿En que día, había la misma cantidad de enfermos y sanos? ¿Por qué sucedió el contagio mas rápido que en la primera gráfica?

6. Repita los pasos 4 al 7, pero en lugar de modificar la cantidad de enfermos, modifique la cantidad de sanos aumentando a 50 personas y continúe la simulación.
7. Espere unos segundos y pause nuevamente la simulación, suba el número de sanos al máximo y continúe la simulación. Ahora responda:
 - ¿Qué le paso a la gráfica?
 - ¿A qué se deben esas dos alteraciones que se muestran en la gráfica? ¿Qué significa?

8. Ahora, dirígete en el simulador a la vista 2 e inicia la simulación nuevamente. Pausa la simulación y aumenta el número de sanos a 42 y da click en el botón paso a paso.
 - ¿Qué sucedió con el contagio?
 - ¿Qué significa cuando el contagio en la grafica llega a su punto máximo de personas y comienza a disminuir?

9. Inicie nuevamente la simulación y espere, al terminar ¿Qué diferencia puede notar entre la grafica del punto 7 y esta?

¿Fue de su agrado trabajar con el simulador? ¿Qué conocimientos adquirió o reforzó?

Si fue de mi agrado y aprendi como hacer eso

¿Cuáles dificultades se le presentaron al trabajar con el simulador?

fue a cada rato salen un poco de enfermos como 29.000 270 asi.

7.7 ANEXO G: Registro de observaciones experimentales

REGISTRO DE OBSERVACIÓN 1

INFORMACIÓN GENERAL

Nombre De La Actividad: Clase integrada con simulador de la epidemia

Fecha: Agosto 27 de 2012 **Hora:** 10:00-10:40 a.m.

Institución Educativa: Colegio Técnico Empresarial José María Estévez

Docente Encargado: Mónica Monsalve (docente de Informática)

Delegado UIS: (Observador: José Ricardo Arismendi Santos)

Número De Estudiantes: 29 **Grado:** 9-2 **Guía:** R4

Observador: José Ricardo Arismendi Santos

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

Los estudiantes fueron organizados en grupos de dos por computador, cada estudiante recibió una *guía de trabajo impresa*, con orientaciones para el uso del simulador y con preguntas guías de experimentación. En cada equipo ya estaba instalado el simulador que presentada a manera de animador una interfaz de experimentación usando un modelo construido con el lenguaje de Dinámica de Sistemas en el software Evolución.

En primer momento la docente recordó los conceptos tratados en la actividad anterior y pre-saberes necesarios para la actividad en curso.

Los estudiantes siguieron la guía de manera autónoma y cuando alguno tuvo observaciones acerca de la guía o el simulador la docente brindó el apoyo requerido. En la medida en que cada estudiante dio respuestas a todas la preguntas de la guía de trabajo, fue terminado la actividad y la docente verificó la completitud de la guía.

INTERPRETACIONES DE OBSERVADOR:

No se hizo una reflexión inicial adecuada acerca de los conceptos que se iban a tratar, ni de las conclusiones de la actividad anterior que se convierte en preliminar para la actual. Los estudiantes trabajaron de manera autónoma y no hubo una verificación durante el proceso que permitiera determinar si los estudiantes estaban interpretando adecuadamente la guía y los resultados de simulación presentados por la aplicación computacional. Algunos estudiantes manifestaron que no entendía la guía y otros el simulador, quienes recibieron la orientación solicitada, pero no hubo verificación que todo comprendieran. No existe la mejor motivación por parte del docente, quien considera que las experiencias deben ser dirigidas siempre por los expertos de la Universidad acompañante. Se cuenta con una guía de trabajo muy descriptiva y orienta con claridad cada momento de la experiencia, convirtiéndose en una alternativa muy importante para cuando los docentes no brindan suficientes orientaciones a sus estudiantes y es necesario que los aprendices hagan un proceso cuasi-autónomo.

SUGERENCIAS

Incluir en la actividad una reseña de los conceptos y resultados de la actividad anterior como elemento preliminar. Realizar entrevistas con algunos estudiantes para percibir sus apreciaciones y observaciones del desarrollo de la actividad

REGISTRO DE OBSERVACIÓN 2

INFORMACIÓN GENERAL

Nombre De La Actividad: Clase integrada con simulador de la epidemia

Fecha: Septiembre 05 de 2012 **Hora:** 07:45-08:35 a.m.

Institución Educativa: Institución Educativa las Américas

Lugar: Sala de cómputo **No. Equipos:** 18 **Jornada:** mañana

Docente Encargado: Expertos de la UIS

Delegado UIS: (Observador: José Ricardo Arismendi Santos)

Número De Estudiantes: 23 **Grado:** 5 **Guía:** R4

Observador: José Ricardo Arismendi Santos **Rol:** Investigador- Experto

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

Al inicio el grupo de estudiantes recibió las orientaciones de la actividad y mediante una presentación con diapositivas se recordaron algunos conceptos importantes para el desarrollo de la experiencia. Se recordaron conceptos como vector en enfermedades, enfermedades por transmisión con vector, epidemia, medidas de prevención y orientaciones para usar el simulador con el modelo de DS.

Para complementar la actividad introductoria, los estudiantes responden y hacen preguntas a las personas que desarrollan la actividad.

Posteriormente los estudiantes pasaron a trabajar con o equipos de cómputo, en los cuales ya se encontraba disponible el simulador. Los niños recibieron las guías de trabajo y se realizó una lectura general de su uso. Según la distribución posible de acuerdo al número de equipos, los estudiantes desarrollaron la guía.

INTERPRETACIONES DE OBSERVADOR:

La revisión de conceptos previa fue fundamental para que los estudiantes contextualizaran la actividad con el simulador en el marco del proyecto general SAT. Sin embargo no se abordaron temas que requerían claridad y refuerzo como interpretación o sentido a población, individuo, reproducción, tasa de reproducción. La guía de trabajo era confusa en ciertos momentos, el lenguaje no es el más apropiado para ese nivel de los estudiantes, el modelo no es claro y presenta algunos errores es títulos que dan confusión a su lectura.

Los estudiantes no contaban con los recursos necesarios para entender y responder conscientemente algunas preguntas de la guía, ya sea por el lenguaje elevado que pueda tener, por la falta de claridad en algunos orientaciones o por las deficiencias y errores en algunos nombres y títulos de las gráficas de simulación.

Los estudiantes tuvieron un excelente comportamiento y todo el tiempo estuvieron concentrados en la actividad. La docente de la institución sólo fue espectadora.

SUGERENCIAS

Dar claridad en todos los conceptos que se van a abordar, no asumir el conocimiento de los estudiantes es necesario verificarlo. Presentar modelos con claridad y sin errores de edición, sencillos y con elementos llamativos para los estudiantes como colores e imágenes. Redefinir algunos conceptos y usar expresiones más sencillas de fácil comprensión para los niños en estas edades.

Aunque los estudiantes deben realizar la actividad de manera autónoma o en grupo según el número de computadores, es necesario hacer un seguimiento al desarrollo, verificando el entendimiento de la guía y la conciencia con la que los estudiantes están respondiendo a los interrogantes. Finalizar con una reflexión colectiva.

REGISTRO DE OBSERVACIÓN 3

INFORMACIÓN GENERAL

Nombre De La Actividad: Clase integrada con simulador de la epidemia

Fecha: Septiembre 12 de 2012 **Hora:** 07:45-08:15 a.m.

Institución Educativa: Colegio Técnico Empresarial José María Estévez

Lugar: Sala de cómputo **No. Equipos:** 20

Docente Encargado: Mónica Monsalve (docente de Informática)

Delegado UIS: (Observador: José Ricardo Arismendi Santos)

Número De Estudiantes: 26 **Grado:** 10-1 **Guía:** R4

Observador: José Ricardo Arismendi Santos

Rol: Investigador- Experto

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

Los estudiantes fueron organizados en grupos de dos por computador, la docente recordó a sus estudiantes la actividad previa relacionada con la clase (juego de la epidemia en vivo) y dio orientaciones generales para usar el simulador. Cada estudiante recibió una *guía de trabajo impresa*, con orientaciones para el uso del simulador y con preguntas guías de

experimentación. En cada equipo ya estaba instalado el simulador que presentada a manera de animador una interfaz de experimentación usando un modelo construido con el lenguaje de Dinámica de Sistemas en el software Evolución.

Los estudiantes desarrollaron la guía discutiendo ideas con sus compañeros más cercanos en ubicación y con las orientaciones individuales dadas por la docente. Las preguntas estuvieron relacionadas con la interpretación de cambio en las gráficas de comportamiento (aumento, disminución de enfermos o sanos).

INTERPRETACIONES DE OBSERVADOR:

Los estudiantes de este grado pueden leer sin mayor dificultad gráficas en el plano cartesiano, se realizó la actividad de manera muy ágil y los estudiantes desarrollaron la guía sin requerir mayor apoyo de la docente.

Los estudiantes estuvieron interesados en la actividad, el simulador captó el interés de los aprendices y estuvieron concentrados en la aplicación sin desviar su atención en otros programas de internet.

BIBLIOGRAFÍA

- ALFONSO, W., & MARIÑO, L. (2007). *Ambiente software para recrear visiones dinámico-sistémicas de teorías económica, ilustrado con la perspectiva Malthusiana*. Bucaramanga: Tesis de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática y Escuela de Economía. Universidad Industrial de Santander.
- ANAYA, R., & VERA, C. (2006). *Ambiente software para apoyar el aprendizaje de ciencias de la naturaleza en la educación básica primaria - un enfoque dinámico sistémico*. Bucaramanga: Tesis de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- ANDER EGG, E. (1971). *Introducción a las técnicas de investigación social*. Buenos Aires: Humanistas.
- ANDER, E., & EZEQUIEL. (1971). *Introducción a las técnicas de investigación social*. Buenos Aires: Humanistas.
- ANDRADE et al. (2001). *Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de la unidad*. Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander.
- _____. (2002). La informática y el cambio en la educación. Unsa propuesta ilustrada con ambientes de modelado y simulación con Dinámica de Sistemas. *VI Congreso Colombiano de Informática Educativa (RIBIE-COL)*. Medellín, Colombia.
- _____, & FLÓREZ, L. (2009). *Tecnología informática en la escuela. Cuarta edición. Pag 198*. Bucaramanga: División de Publicaciones UIS.
- _____, & NAVAS, X. (2002). Ingeniería de Sistemas-Realidad Virtual y Aprendizaje. *Revista Ingenierías UIS, volumen 1. Bucaramanga, Colombia*.
- _____, & NAVAS, X. (2003). La Informática y el cambio en la Educación. Una propuesta ilustrada con ambientes de modelado y simulación con Dinámica de Sistemas: Proyecto MAC. *Memorias del Primer Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas*. Moterrey, México.

- _____, & PARRA, C. (1998). Esbozo de una propuesta de modelo educativo centrado en los procesos de pensamiento. *Mmemoria del cuarto congreso Iberoamericano de Informática Educativa (RIBIE)* , Brasilia, Brasil.
- _____, & PARRA, C. (1996). Propuesta de aplicación del pensamiento de sistemas en la educación media, con un soporte informático. *Tercer Congreso Iberoamericano de Informática Educativa* , Barranquilla, Colombia.
- _____, & SOTAQUIRÁ, R. (1997). Una revisión crítica del aprendizaje organizacional con Dinámica de Sistemas . *Grupo de investigación SIMON* .
- _____, MAESTRE, G., & LÓPEZ, G. (2011). Desarrollando competencias en la toma de decisiones con Dinámica de Sistemas: una experiencia de aula. *CLADS 2011. IX Encuentro Latinoamericano de Dinámica de Sistemas y II Congreso Brasileño de Dinámica de Sistemas*, (págs. 39-50). Brasilia.
- _____, TORRES, C., & SEQUEDA, M. (2002). MacMedia 2.0: Micromundo para el aprendizaje de las ciencias en la educación media. *VI Congreso Colombiano de Informática Educativa (RIBIE-COLI)*. Medellín, Colombia.
- _____, VILLA, A., & ZAFRA, C. (2000). MacMedia: Micromundo para el aprendizaje de las ciencias en la educación media. Un enfoque dinámico sistémico. *V Congreso de Informática Educativa*. Bucaramanga, Colombia.
- ARACIL, J. (1986). *Máquinas, sistemas y modelos*. Madrid: Tecnos.
- _____. (1966). *Máquinas, Sistemas y Modelos. Primera edición*. Tirant Lo Blanch.
- _____, & GORDILLO, F. (1997). *Dinámica de Sistemas. Primera edición* . Alianza .
- ARANGO, S. (2007). Cyclical Behaviour in Electricity Market: An Experimental Study. *International System Dynamics Conference*. Boston, USA.
- _____. (2006). *Essays on commodity cycles based on expanded Cobweb experiments of electricity markets*. PhD dissertation, The University of Bergen.
- _____, CASTAÑEDA, J., & OLAYA, Y. (2012). Laboratory experiments in the system dynamics field. *System Dynamics Review. Vol. 28* , 94-106.

- ÁRIAS GALICIA, F. (1971). *Introducción a la técnica de investigación en psicología*. México: Trillas.
- ARIZA, G. (2008). *Aprendizaje para la cooperación asistido por juegos de simulación Dinámico-Sistémicos*. Bucaramanga: Tesis de Maestría en Ingeniería área de Informática y Ciencias de la Computación. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- ÁVILA, R. (1994). Pedagogía y autorregulación cultural . *Antropos* , 36.
- BABBIE, E. (2001). *The practice of social research*. 9a. edición. Belmont: Wadsworth Publishing Company.
- BELTRAN, R., & DORIA, E. (2007). *Curso de Dinámica de Sistemas en la web con aplicaciones en fenómenos ambientales*. Bucaramanga: Tesis de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- BERMÚDEZ, C., & QUITIÁN, H. (2001). *MAC 4-5: Micromundo que apoya el aprendizaje de ciencias de la naturaleza de cuarto y quinto grado de educación básica primaria bajo el enfoque de una práctica educativa sistémica*. Tesis de Pregrado. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- BOOTH, L., & STERMAN, J. (2000). Bathtub Dynamics: Initial results of a Systems Thinking Inventory. *System Dynamics Review* 16(4) , 249-294.
- _____, & STERMAN, J. (2000). Bathtub dynamics: initial results of a systems thinking inventory. *System Dynamics Review* 16(4) , 249-286.
- BORDAS, M., & CABRERA, F. (2001). Estrategia de evaluación de los aprendizajes centrados en el proceso. *Revista Española de Pedagogía*. Año LIX, enero-abril, n.218 , 25-48.
- BORK, A. (1986). *El ordenador en la enseñanza. Análisis y perspectivas de futuro*. Barcelona: Gustavo Gili.
- BREHMER, B. (1992). Dynamic decision making: Human control of complex systems. *Acta Psychologica* 81 , 211-241.
- BREKKE, K., & MOXNES, E. (2003). Do numerical simulation and optimization results improve management? Experimental evidence. *Journal of Behavior & Organization*. Vol. 50 , 117-131.

- BROWN, A. (1992). Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *The journal of the learning sciences* 2(2) , 141-178.
- CALA, J., & TASCOS, J. (2008). *Ambiente software apoyado en el modelado y simulación, para el aprendizaje de ciencias de la naturaleza en la educación básica secundaria y media vocacional, un enfoque Dinámico Sistémico*. Bucaramanga: Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- CÁRDENAS, J., & OSTROM, E. (2004). What do people bring into the game? Experiments in the field about cooperation in the commons. *Agricultural Systems* 82 , 307-326.
- CARLSON, J. (1967). The stability of an experimental market with a Supply-Response Lag. *Southern Economic Journal* 23(3) , 305-321.
- CASTAÑEDA, L. (2007). *Sitio Web para facilitar el aprendizaje y la difusión de la Dinámica de Sistemas en la educación*. Bucaramanga: Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- CATALDI, Z. (2000). *Metodología de diseño, desarrollo y evaluación de software educativo* . Argentina: Tesis de Magíster en Informática. Facultad de Informática. Universidad Nacional de la Plata (UNLP).
- CHACÓN, V., & ROJAS, L. (2010). *Proceso de reingeniería para la evaluación de plataforma de redes interescolares orientadas por la universidad, REDESCUELA* . Bucaramanga: Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- CHRISTENSEN, L. (2000). *Experimental methodology*. 8a. edición. Boston: Allyn and Bacon.
- COHEN, M., & NAGEL, E. (1973). *Introducción a la lógica y al método científico*. Buenos Aires.
- CRESWELL, J. (2005). *Education Research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative Research*. 2a. Edición . Upper Saddle River: Pearson Education Inc.

- CRONIN, M., & GONZALES, C. (2007). Understanding the building blocks of system dynamics. *System Dynamics Review* 23(1) , 1-17.
- CRONIN, M., GONZALES, C., & STERMAN, J. (2009). Why don't well-educated adults understand accumulation? A challenge to research, educators, an citizens. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 108(1) , 116-130.
- CUELLAR, M., & LINCE, E. (2003). *Evolución 3.0: Herramienta software para el modelamiento y simulación con Dinámica de Sistemas. Tesis de pregrado. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.*
- DE CAMILLONI, A. (1998). *Corrientes didácticas contemporáneas*. Buendo Aires: Paidos.
- _____, CELMAN, S., & LITWIN, E. (1998). *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*. Buenos Aires: Paidós.
- DORNER, D. (1996). The logic of failure. *Metropolitan Books/Henry Holt, New York.*
- DUEÑAS, I., & ROJAS, L. (2000). *MAC 8-9: Software educativo de apoyo para el aprendizaje del área de Ciencias en los grados octavo y noveno basado en el modelo constructivista centrado en los procesos de aprendizaje. Tesis de Pregrado. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.*
- ESPINOSA, L. (2011). *Mediateca de modelos de simulación en actividades escolares con Dinámica de Sistemas, para el estudio de diversos fenómenos en la educación básica y media. Bucaramanga: Proyecto de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Universidad Industrial de Santander.*
- FISHER, D. (2011). "Everybody thinking differently": K-12 is a leverage point. *System Dynamics Review*, vol 27, No. 4, , 394-411.
- FORRESTER, J. W. (1992). La Dinámica de Sistemas y el aprednizaje del alumno en la educación escolar.
- FOUREZ, G. (2000). *La construcción del conocimiento científico*. Madrid: Narcea S.A.

- FUENMAYOR, R. (2001). *Interpretando Organizaciones. Una teoría sistémico interpretativa de las organizaciones*. Mérida-Venezuela: Consejo de publicaciones. Universidad de los Andes.
- FULLEDA, P. (2003). *Lúdica por el desarrollo humano. III Simposio nacional de vivencias y gestión en Recreación. Bogotá* .
- GALVAN, F., & LÓPEZ, M. (2004). *Herramienta software para la Enseñanza– Aprendizaje de la Geometría Descriptiva*. Bucaramanga: Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Universidad Industrial de Santander.
- GELVEZ, L. (2006). *Micromundos para apoyar los procesos de cambio y de toma de decisiones organizacionales. un caso de estudio con Dinámica de Sistemas*. Bucaramanga: Tesis: Maestría en Informática y Ciencias de la Computación. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- GELVEZ, S., & MURILLO, O. (2007). *Modelado del cambio global en el medio ambiente mediante Dinámica de Sistemas*. Bucaramanga: Tesis de Grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- GOMEZ, M. (2007). *Propuesta informática para la educación soportada en el modelado basado en objetos y reglas*. Bucaramanga: Tesis Maestría en Ingeniería. Área Informática y Ciencias de la Computación. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- GOMEZ, U. (2010). *Lineamientos metodológicos para la construcción de modelos agro-industriales identificables en términos de dinámicas poblacionales basados en el pensamiento Sistémico y la Dinámica de Sistemas*. Bucaramanga: Tesis de Maestría e Ingeniería. Área Informática. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- GOODE, W. J., & HATT, P. K. (1970). *Método de investigación social*. México: Trillas.
- GOULD-KREUTZER, J. M. (1993). Foreword: System dynamics in education. *System Dynamic Review Vol. 9, no. 2, Summer* , 101-112.

- GUERRA, L., & RIOS, C. (2011). *Ambiente software integrado por un juego para teléfonos móviles, un sitio web y una aplicación para computador personal, para el aprendizaje y toma de decisiones*. Bucaramanga: Proyecto de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Universidad Industrial de Santander.
- HEY, J., NEUGEBAUER, T., & SADRIEH, A. (2009). An Experimental Analysis of Optimal Renewable Resource Management: The Fishery . *Environmental and Resource Economics Review*. Vol 44. No. 2 , 263-285.
- HOGARTH, R., & REDER, M. (1987). Rational choice: The contrast between economics and psychology. *Editors. University of Chicago Press* .
- HOLT, C., & VILLAMIL, A. (1986). A laboratory experiment with a single person Cobweb. *Atlantic Economic Journal* 14(2) , 51-54.
- HUCK, S., NORMANN, H., & OECHSSLER, J. (2004). Two are few and four are many: number effects in experiments oligopolies. *Journal of Economic Behavior and Organization*: 53(4) , 435-446.
- JAIMES, Z., & JEREZ, J. (2006). *Extranet de apoyo a la formación y sostenimiento de redes interescolares orientadas por la universidad*. Bucaramanga: Tesis de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- JAY, M. (2009). *Cantos de Experiencia. Variaciones modernas sobre un tema universal*. Buendo Aires: Paidós.
- JENSEN, E., & BREHMER, B. (2003). Understanding and control of a simple dynamic system. *System Dynamics Review* 19(2) , 119-137.
- JIMÉNEZ, C. (2000). Hacia la construcción del concepto de "Lúdica". *Recuperado el 11 de febrero de 2088 de <https://www.ludicacolombia.com/ensayos.html>* .
- JUNC, M., & MORECROFT, J. (2010). Managerial decision-making and firm performance under a resource-based paradigm. *Strategic Management Journal* 31(11) , 1164-1182.
- KAINZ, D., & G, O. (2002). *Can students learn stock-flow thinking? An empirical investigation*. Palermo, Italy: 20th International Conference of the System Dynamics Society.

- KAINZ, D., & OSSIMITZ, G. (2002). Can students learn stock-flow thinking? An empirical investigation. *20th International Conference of the System Dynamics Society*, Palermo, Italy.
- KLEINMUNTZ, D. (1985). Cognitive heuristics and feedback in a dynamic decision environment. *Management Science*. 31, 680-702.
- LINCE, E. (2009). *Desarrollo de un entorno software, de modelamiento y simulación, por una comunidad (I+D) geográficamente distribuida*. Bucaramanga: Tesis de Maestría en Ingeniería Área Informática y Ciencias de la Computación. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- LOPEZ, G. (2011). *Modelo de red de aprendizaje para proyectos de innovación educativa con TIC*. Bucaramanga: Tesis de Maestría en Ingeniería. Área Informática y Ciencias de la Computación. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Universidad Industrial de Santander.
- MAESTRE, G. (2011). *Propuesta de uso de la lúdica mediada por la Tecnología de la Información para facilitar la integración del modelado y simulación en la escuela*. Bucaramanga: Tesis de Maestría en Ingeniería. Área Informática y Ciencias de la Computación. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Universidad Industrial de Santander.
- MARTÍNEZ, N., LÓPEZ, G., ANDRADE, H., & MUÑOZ, G. (2012). La Dinámica de Sistemas en un proyecto educativo para la sostenibilidad de un Sistema de Alerta Temprana en Salud. *X Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas*.
- MATURANA, H., & NISIS, S. (2002). *Formación Humana y capacitación. Cuarta edición*. Santiago de Chile: Dolmen ediciones.
- MILLER, R., PLOTT, C., & SMITH, V. (1977). Intertemporal competitive equilibrium: An empirical study of speculation. *The quarterly journal of economics*, Vol. 91, No. 44, 599-624.
- MORENO, J. (2006). *Diseño de una arquitectura para un entorno de modelamiento - simulación y creación de un proceso para su desarrollo por una*

comunidad (I+D) . Bucaramanga: Tesis Maestría en Informática. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.

MOXNES, E. (2000). Not only the tragedy of the commons: misperceptions of feedback and policies for sustainable development. *System Dynamics Review* 16(4) , 325-348.

MOXNES, E., & ARANGO, S. (2008). Experimentos de laboratorio en Dinámica de Sistemas. *Dinámica de Sistemas: casos y aplicaciones en Latinoamérica. Talca: capítulo Latinoamericano de la Sociedad de Dinámica de Sistemas* , 100-124.

_____, & JENSEN, L. (2009). Drunker than intended: Misperceptions and information treatments. *Drug and Alcohol Dependence* , 63-70.

_____, & SAYSEL, A. (2009). Mispercepciones of global climate change: information police. *Climate Change* 93 , 15-37.

_____, & SAYSEL, A. (2009). Mispercepciones of global climate change: information policies. *Climate Change* 93(1-2) , 15-37.

NAVAS, X. (2006). *Propuesta informática para la educación en el cambio, basada en ambientes de modelado y simulación. Un enfoque sistémico*. Bucaramanga: Tesis Maestría en Ingeniería. Área Informática. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.

_____, & BENÍTEZ, F. (2000). *MAC 6-7 1.0: Micromundo de simulación para el aprendizaje de Ciencias de la Naturaleza para los grado de sexto y séptimo, un enfoque sistémico. Tesis de grado*. Bucaramanga, Clombia: Universidad Industrial de Santander.

_____, & BENÍTEZ, F. (2000). *MAC 6-7 1.0: Micromundo de simulación para el aprendizaje de Ciencias de la Naturaleza para los grado de sexto y séptimo, un enfoque sistémico. Tesis de grado*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.

_____, & BENÍTEZ, F. (2000). *MAC 6-7 1.0: micromundo para el aprendizaje de ciencias de la naturaleza para los grados de sexto y séptimo, un enfoque sistémico. Tesis de Pregrado*. Bucaramanga, Colombia: Univesridad Industrial de Santander.

- _____, GUERRERO, M., & ANDRADE, H. (2002). Proyecto MAC 1 a11. Una estrategia con informática para promover un cambio en las prácticas educativas . *Encuentro Iberoamericano de formación docente. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.*
- ORTIZ, N., & VARGAS, R. (2010). *Micromundo de simulación para el aprendizaje de fenómenos ambientales asociados al cambio global* . Bucaramanga: Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- OSORIO, P. (2010). *Propuesta de un modelo de simulación para la justificación y comprensión en la toma de decisiones en la inversión pública de una alcaldía municipal un enfoque sistémico.* Bucaramanga: Proyecto de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Universidad Industrial de Santander.
- OSPINO, M., & PRADA, C. (2006). *HCAEAD: Herramienta para creación de ambientes educativos informáticos con aprendizaje dinámico.* Bucaramanga: Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- PARDINAS, F. (1969). *Metodología y técnica de la investigación en ciencias sociales.* Buenos Aires: Siglo XX.
- PINTO, L., & SIERRA, L. (2009). *Elaboración de la plataforma, Red Dinámica versión 2.0 como soporte al aprendizaje y difusión de la Dinámica de Sistemas en la educación* . Bucaramanga: Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería ed Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- POPPER, K. (1982). *Trad. Cast: La lógica de la investigación científica.* Madrid: Tecnos.
- PRIGOGINE, I., & STENGERS, I. (1979). *La Nouvelle Alliance-Métamorphose de la science.* París: La Nueva Alianza.
- RAMOS, J., & SUAREZ, D. (2008). *MICHRO 2.0, Micromundo para el desarrollo del Pensamiento Sistémico soportado en el modelamiento basado en objetos y reglas.* Bucaramanga: Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santader.

- RANGEL, W., & PARDO, L. (2005). *Herramienta software multimedia de apoyo a la enseñanza de la música en niños de cinco a siete años de edad*. Bucaramanga: Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- RASSENTI, S., REYNOLDS, S., SMITH, V., & SZIDSAROVSKY, F. (2000). Adaptation and convergence of behavior in repeated experimental Cournot games. *Journal of Economic Behavior & Organization* 41(2) , 117-146.
- REEVES, T. (2000). Enhancing the Worth of Instructional Technology Research through Design Experiments” and Other Development Research Strategies. “*International Perspectives on Instructional Technology Research for the 21st Century,*” a Symposium sponsored by SIG/Instructional Technology at the Annual Meeting of the American Educational Research Association. New Orleans, LA, USA.
- RIVERA, C., & SARMIENTO, F. (2005). *Aplicaciones de un modelo conceptual generalizado de un sistema para soportar la toma de decisiones*. Bucaramanga: Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- ROA, C. (1998). *Dinámica del conocer humano, implicaciones pedagógicas*. Bogotá: Universidad Javeriana.
- RUIZ, F., & SILVA, R. (2008). *Herramienta software para el aprendizaje del manejo de un sistema de producción de ganadería bovina mediante simulación con Dinámica de Sistemas y un enfoque Sistémico SIPROB 2.0* . Bucaramanga: Trabajo de Grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ, C., & BAPTISTA, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: Mac Graw Hill, Cuarta edición.
- SANTAMARÍA, O., & MENDEZ, A. (2004). *Herramienta software para el estudio de fenómenos ambientales mediante el modelado y la simulación con Dinámica de Sistemas*. Bucaramanga: Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.

- SAWICKA, A., & KOPAINSKY, B. (2008). Simulation-enhanced descriptions of dynamic problems: Initial experimental results. *26th International Conference of the System Dynamics Society, July 20-24*. Atenas, Grecia.
- SEQUEDA, M., & TORRES, C. (2001). *MacMedia 2.0: Micromundo para el aprendizaje de ciencias en la educación media*. Tesis de pregrado. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- SERRANO, G. (2010). *Propuesta de modelo para la gestión de proyectos de una institución pública de educación superior en Colombia, una perspectiva desde el Pensamiento Sistémico*. Bucaramanga: Tesis de Maestría e Ingeniería de Sistemas e Informática. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Universidad Industrial de Santander.
- SEVILLANO, M. L., CRESPO, D., & SEVILLANO, M. Á. (2007). Investigar para Innovar en Enseñanza. Madrid (España): Pearson Educación S.A.
- SMITH, V., SUCHANEK, G., & A, W. (1988). Bubbles, crashes and endogenous expectations in experimental spot asset markets. *Econometría, Vol. 56, No. 5*, 1119-1151.
- SONNEMANS, J., HOMMES, C., TUINSTRA, J., & VELDEN, H. (2004). The instability of a heterogeneous Cobweb Economy: A strategy experiment on expectation formation. *Journal of Economic Behavior & Organization 54(4)*, 453-481.
- STERMAN, J. (1989). Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. *Management Science 35*, 321-339.
- _____ (1987). *Testing behavioral simulation models by direct experiment*. *Management Science, 33(12)*, 1572-1592.
- STUNTZ, L., LYNEIS, D., & RICHARDSON, G. (2002). The Future of System Dynamic and learner-centered learning in K-12 education. *20th International System Dynamics Society Conference. Palermo, Italia*.
- SUTAN, A., & WILLINGER, M. (2004). Coordination in Cobweb experiments with(out) elicited beliefs. *Working paper, JEL Classification: C72, C92, D84*, 33.

- TAMAYO, M. (2007). *El Proceso de la Investigación Científica*. México D.F: Limusa S.A.
- THOMPSON, K., & REIMANN, P. (2010). Patterns of use of an agent-based model and a system dynamics model: The application of patterns of use and the impacts on learning outcomes. *Computers & Education* , (54) 392-403.
- VALDES, A. (2011). *Prototipo Homos 2.0: herramienta software para el modelado y simulación basado en objetos y reglas*. Bucaramanga: Proyecto de grado. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Universidad Industrial de Santander.
- VALLÉS, S. (2003). *Técnicas cualitativas de investigación social*. Madrid (España): Síntesis.
- VANDALEN, D., & W., M. (1989). *Manual de técnicas de investigación educacional*. Paidó.
- VARGAS, F., & JOYA, E. (2007). *Economía dinámica del modelo de crecimiento de Harrod planteada con Dinámica de Sistemas*. Bucaramanga: Trabajo de grado. Escuela de Economía. Universidad Industrial de Santander.
- VASCO, C. (1990). Algunas reflexiones sobre la pedagogía y la didáctica. *Pedagogía, discurso y poder* , 108.
- ZAFRA, C., & VILLA, A. (2000). *MacMedia 1.0: micromundo para el aprendizaje de Ciencias en la educación Media, basado en el modelo educativo centrado e los procesos de pensamiento*. Tesis de pregrado . Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- ZAMBRANO, A. (2005). *Formación, experiencia y saber*. Colombia: Cooperativa Editorial Magisterio.