

LA INFORMATICA Y EL CAMBIO EN LA EDUCACION
Una Propuesta Ilustrada Con Ambientes De Modelado Y Simulación con Dinámica de
Sistemas: Proyecto MAC

Hugo Hernando Andrade Sosa
Ximena Marcela Navas Garnica*

RESUMEN--- Ideas sobre la Educación, la Informática, el Cambio y el Pensamiento Sistémico se integran para proponer una estrategia de intervención en la dinámica educativa, en la cual adquiere sentido el uso de herramientas software que con facilidades para el Modelado y la Simulación con Dinámica de Sistemas, posibilitan pensar y desarrollar acciones no sólo para aprender sino principalmente para aprender a aprender. Esta estrategia se ilustra con la presentación del proyecto MAC, Micromundos de simulación para Aprendizaje de Ciencias de la naturaleza de 1 a 11 grado. La propuesta del proyecto MAC, se presenta en términos de sus fundamentos: Concepción del Cambio, Modelo Educativo, Postura Crítica frente al uso predominante de la Informática en la Educación y el Pensamiento Sistémico, como paradigma integrador y guía en el desarrollo de cada uno de los elementos constitutivos de la propuesta. Además, hace referencia cronológica a los seis prototipos MAC desarrollados, para luego esbozar los logros, limitaciones, retos y expectativas que la experiencia de formulación y aplicación de esta propuesta nos presenta hoy. Finalmente se profundiza en la concepción dinámico sistémica del aprendizaje en cuyo contexto el Modelado y la Simulación con Dinámica de Sistemas posibilita el aprendizaje específico y del paradigma de pensamiento sistémico.

Palabras Claves— Modelado y Simulación, Dinámica de Sistemas, Educación e Informática, Micromundos, Pensamiento Sistémico, Software y Educación, Ciencias y Aprendizaje.

I. INTRODUCCION

Esta Ponencia la motiva el dar a conocer una propuesta de uso de micromundos de modelado y simulación con Dinámica de Sistemas, para el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en los grados 1 a 11, denominada proyecto MAC. A su vez, esta propuesta, surgió con el propósito de llevar las

* Esta ponencia se presenta en nombre de la Universidad Industrial de Santander, por integrantes del grupo SIMON de Investigaciones en Modelamiento y Simulación, adscrito a la Escuela de Ingeniería de Sistema e Informática. Bucaramanga Colombia. En el marco del Primer Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas, Monterrey, México. Mayor información sobre este trabajo y demás labores del grupo SIMON: www.uis.edu.co/investigacion/grupos/paginas/simon/indexie.html , handrade@uis.edu.co , ximena_navas@hotmail.com

ideas del Pensamiento Sistémico¹ a la educación y en particular, una expresión de este pensamiento, el Dinámico Sistémico²⁻³⁻⁴, mediante el lenguaje de la Dinámica de Sistemas, lenguaje para el modelamiento y la simulación de fenómenos de diversa naturaleza. Es decir, al proyecto MAC lo motiva una preocupación por llevar un paradigma de pensamiento a través de una teoría tecnológica instrumentalizada por la informática y el apoyar el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza.

La anterior preocupación o propósito nos llevó a preguntarnos por el cambio en la educación, al fin y al cabo pretendíamos cambiar la educación llevando paradigma, teoría e instrumental nuevo. ¿Qué tanto lo nuevo que estábamos tratando de llevar congeniaba o chocaba con el presente educativo?. Las respuestas iniciales a esta pregunta nos plantearon interrogantes sobre la gestión del cambio en la educación y sobre el cambio en el pensamiento de la comunidad educativa, para luego interrogarnos por asuntos más específicos como las prácticas pedagógicas, los roles de los actores y desde luego, el cambio de los instrumentos, por instrumentos a su vez apropiados para dicho cambio.

Todo lo anterior explica el orden lógico en el cual se presenta esta ponencia, aunque no fue exactamente el mismo orden en el cual se fue viviendo la experiencia, debatiendo las ideas y surgiendo la propuesta actual. Este orden es el siguiente: primero nos preguntamos por el modelo educativo, las prácticas educativas y la informática en la educación; luego nos preguntamos por el cambio en la educación (de dónde, para dónde, cómo), específicamente por las estrategias para el cambio, por los productos informáticos como promotores o no de dicho cambio y finalmente, estas respuestas y otras preguntas le dan sentido y forma al proyecto MAC.

El proyecto MAC, se presenta en términos de sus fundamentos, instrumentos y experiencias. Los fundamentos se desarrollan mediante la concepción del cambio, el modelo educativo, una postura crítica frente al uso predominante de la informática en la educación y el Pensamiento Sistémico, como paradigma integrador y guía en el desarrollo de cada uno de los elementos constitutivos. Los instrumentos se presentan con los prototipos MAC desarrollados, resaltando sus características y su papel en la construcción de la propuesta misma. Finalmente se esbozan los logros, limitaciones, retos y expectativas que la experiencia de formulación y aplicación de esta propuesta nos presenta hoy.

Estas ideas son un resultado de la labor del grupo SIMON de Investigaciones, en el campo del Pensamiento Sistémico y sus aplicaciones con apoyo en la informática y el modelamiento y la simulación con la Dinámica de Sistemas. En particular surge de las reflexiones sistémicas y aplicaciones desarrolladas por el grupo, en los últimos seis años, en educación.

II. MODELO EDUCATIVO, PRACTICA EDUCATIVA E INFORMÁTICA

Generalmente a nivel de las instituciones educativas hay preocupación por definir formalmente el modelo educativo, que oriente estratégicamente el desarrollo de su propuesta educativa y en menor medida, por exigir que la comunidad asuma dicho modelo en términos de sus prácticas. Pero, no siempre las instituciones se preguntan por los modelos mentales que orientan las prácticas individuales y menos aún, por cómo gestionar el cambio individual y colectivo, teniendo en cuenta las diferencias entre los modelos mentales y lo formalmente definido o asumido por la institución. La anterior ausencia de gestión del cambio conduce a que la comunidad se acomode frente a las exigencias que formalmente le presenta la institución, desarrollando una práctica educativa “engañosa” o una práctica presionada por las exigencias formales pero mediada por sus ideas, las cuales pueden ser muy contrarias a la propuesta institucional.

Se considera que además de proponer un modelo institucional y más que exigir una práctica acorde, la institución debe gestionar el cambio de los modelos mentales de la comunidad, en procura del acercamiento al modelo institucional o a que surjan las diferencias y se dé el debate de ideas para reconocer la diversidad y construir unidad sin eliminar dicha diversidad.

Y qué papel juega en este contexto la informática?. Hay que plantear que siendo la tecnología (entre ella principalmente las tecnologías de la información) un elemento característico de la sociedad actual (la sociedad de la tecnología, la sociedad de la información, la sociedad del conocimiento, la época de la tecnología) de una u otra forma ésta (la tecnología) media en nuestros haceres y pensares, (el pensamiento y el hacer es epocal⁵), entonces la tecnología se constituye en una mediadora en la educación y en la formación. Más aún, cuando de manera directa usamos artefactos tecnológicos y teorías tecnológicas y los programas académicos procuran la formación en la idea de la tecnología y la operación con productos tecnológicos, las prácticas escolares no pueden escapar al influjo de la tecnología. Pero, ¿Cuál es el efecto de este influjo tecnológico frente a la gestión del cambio o frente a los planteamientos formales de la institución?. El efecto a menudo puede no ser el deseado pero se mimetiza por el uso de la tecnología, por ejemplo de la informática y aún peor, en muchos casos la tecnología puede constituir un argumento para obligar a ciertas prácticas⁶.

Lo anterior se aprecia aún más en su complejidad si se hacen evidentes demandas de formación de la época como: el aprender a aprender, el desarrollar capacidades creativas, pensamiento creativo o un espíritu de investigadores y no de consumidores como el que se promueve con algunas de las orientaciones de la informática en la educación. Es decir, la informática puede a menudo ir en contra vía de las anteriores demandas, sin que la comunidad lo note, ya que su

curubito* de alta tecnología le permite pasar sin sospecha en la vida académica.

La pregunta que surge frente a estas reflexiones es: ¿Realmente la informática está aportando a las prácticas educativas que pretendemos o que formalmente la institución y la comunidad dice desear?.

III. LA INFORMATICA Y EL CAMBIO EN LA EDUCACIÓN

Si se asume que la época se distingue por la mayor dinámica de cambio, que jamás la humanidad había vivido y por un contexto tecnológico que en buena parte la determina y le marca un derrotero; entonces la situación actual de la educación a nivel nacional e internacional, no puede escapar a la época e igualmente se caracteriza por la exigencia de cambio que el contexto social, económico y tecnológico le demanda al proyecto educativo, tanto para que juegue su papel de reproductor como de transformador de dicho contexto.

En particular, como se manifiesta en varios apartados de este documento, el modelo educativo actual posee un espíritu de cambio en sus propósitos y en su enfoque pedagógico. El momento demanda una práctica educativa con un afán holista, que integre las diferentes ramas del conocimiento y le imprima sentido al aprendizaje al asociar éste a la consideración integral de los fenómenos sociales, de la naturaleza y demás creaciones del hombre. Además, dicho reto holístico se debe asumir en el contexto de un mundo caracterizado por el predominio de la tecnología (el hacer con fundamento en el saber); la tecnología puede aportar favorable o desfavorablemente a dicho reto porque, aunque la tecnología y los artefactos tecnológicos permean actualmente nuestra práctica social, ésta no es en sí integradora, pero puede serlo si así lo promueve nuestra formación tecnológica y el uso de la tecnología misma. Es decir, el acertado uso de la tecnología demanda un proceso consciente y en lucha contra tendencias reduccionistas y contrarias a la integración y a la formación creadora con fundamento en el saber (en la tecnología).

El momento demanda un cambio, pero el uso espontáneo de la tecnología a menudo refuerza el estado actual, impidiendo el cambio y consolidando lo que se desea cambiar. Por ejemplo, el uso de internet puede promover un espíritu dependiente y de copistas y no de creadores, comunicadores y utilizadores racionales de información como es lo deseado para un nuevo proyecto educativo⁷.

En particular las tecnologías de la información (informática) constituyen un reto para el proyecto educativo, tanto en su uso para dinamizar el cambio educativo,

* Curubito: regionalismo usado en la tierra de los Indígenas Guanes y significa el estar en una ubicación social o espacial que lo hace inalcanzable o intocable por los demás.

como en la apropiación de la tecnología misma en y para los procesos de aprendizaje. Este reto es asumido por las instituciones y estados, en mayor o menor profundidad y con diferentes formas y propósitos, según sea su postura frente a la informática misma.

Algunas instituciones tan sólo ven la necesidad de dominar el uso de los artefactos tecnológicos y las teorías, técnicas y metodologías tecnológicas, sin apreciar el efecto de la tecnología sobre la educación misma. Esto conlleva a que la propuesta escolar se reduzca a crear una nueva área de formación, a la manera de las áreas tradicionales, un nuevo curso, un nuevo profesor, un nuevo laboratorio, un nuevo programa de estudio y una nueva casilla en el informe de evaluación del estudiante y del formato para evaluar el obrero calificado y al profesional. Todas estas novedades no generan ningún cambio y si consolidan el modelo tradicional caracterizado por la división del conocimiento como si los problemas de la vida diaria pudieran ser tratados por conocimientos igualmente separados.

Otras instituciones y propuestas educativas intentan superar la anterior postura manifestando que todas las prácticas sociales vienen siendo permeadas por la informática y que por consiguiente la informática debe llevarse a la educación para facilitar toda la práctica educativa y no sólo para su aprendizaje en sí. Aunque constituye un avance relativo, igualmente esta postura puede llevar a la consolidación del modelo educativo tradicional y no al cambio que se desea. No basta hacer con la informática lo que se venía haciendo sin ella, se requiere asumir la nueva realidad caracterizada por la presencia de la tecnología y hacer con su ayuda, lo que es posible y se debe hacer en esta realidad.

Una tercera propuesta desea asumir el reto de introducir la informática creando una dinámica de cambio del proyecto educativo. Además de asumir la apropiación de la tecnología en el proceso de formación, dicho proceso debe cambiar en procura de lograr la integración del conocimiento, de centrar las preocupaciones más en el desarrollo de competencias y de formas de pensamiento que en la asimilación de conocimientos particulares. Esto demanda nuevos roles y prácticas de los agentes involucrados (nuevo modelo educativo), nuevas metodologías y en general nuevos recursos para orientar el proceso formador y de aprendizaje concreto y con sentido. A esto puede aportar la informática y la tecnología en general, cuando se asume con un espíritu creador y un afán holista.

Es de aclarar que las posturas esquematizadas no pretenden afirmar que exactamente que así se presenten en las instituciones, pero si pueden constituirse en lentes para distinguir la existente. A su vez la postura específica determina un punto inicial para el cambio y las otras pueden constituirse en referentes para el cambio mismo posibilitado por la informática.

IV. EL CAMBIO Y LOS PRODUCTOS INFORMÁTICOS PARA LA EDUCACIÓN

La pregunta explícita por la relación entre producto informático y educación, modelo educativo, propuesta pedagógica, formación integral y quehacer docente, a menudo no está presente en los desarrolladores ni en los consumidores de software para la educación. Y menos aún está presente la pregunta por la relación del producto informático con el cambio en la educación. Esta situación se explica, en primera instancia, porque los desarrolladores y consumidores no se formulan la pregunta, pero la “responden” en su hacer sin explicitar los modelos mentales que determinan dicho hacer; o porque tan sólo, unos y otros, responden a criterios de mercado. Una exploración más profunda a esta situación puede lograrse en la medida que se aprecie la dirección y sentido en la cual se está dando la relación entre: Sociedad y Tecnología, Educación e Informática, Educación y Sociedad del conocimiento (de la tecnología) y más aún cuando no sólo consideramos estas y otras relaciones en su estado presente, sino en su dinámica de cambio y en el contexto cultural (igualmente cambiante) en el cual se presentan.

Sin pretender incluir todos los desarrollos y haciendo énfasis en el modelado y la simulación, una caracterización general de los productos ofrecidos por el mercado nacional e internacional que pueden apoyar procesos de aprendizaje en el área de ciencias puede ser:

1) Algunos de ellos son productos tipo enciclopedia con muy buena calidad y alto uso de la multimedia, pero con poca interactividad, rígidos en su estructura y contenidos y sin recursos para apoyar la gestión educativa. Estos productos se ofrecen a costos al alcance del medio y son generalmente adquiridos por las instituciones educativas, algunos profesores y estudiantes.

2) En menor cantidad a los anteriores, el mercado internacional ofrece ambientes informáticos para la experimentación simulada, con alta interactividad pero con poco soporte teórico y sin posibilidades de modelamiento ni crecimiento en los contenidos del software. Además, estos productos se ofrecen a costos que sólo están al alcance de algunas instituciones educativas y que por consiguiente no constituyen un mercado nacional masivo para los mismos.

3) Igualmente el mercado internacional ofrece sofisticadas herramientas software para el modelamiento y simulación con diferentes enfoques. En particular, a partir de las experiencias del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)⁸, se difunden productos con facilidades para el modelamiento y la simulación con enfoque sistémico y el lenguaje de la dinámica de sistemas. Estos productos, igual que los de sólo experimentación, son muy costosos para nuestro medio y las instituciones educativas así como los profesores y los estudiantes generalmente no están preparados mental y técnicamente para su

uso.

4) Ambientes de Internet desarrollados en Java que aprovechan la potencialidad de la multimedia y ofrecen facilidades de interacción que permite simular experimentos asociados a los conceptos que teóricamente se plantean. Estos productos son poco portables y generalmente exigen la conexión permanente a la red de internet, e igualmente son sólo modificables y ampliables por el autor.

5) Micromundos con o sin modelos de simulación que ofrecen cierta interactividad pero que generalmente funcionan como cajas negras. Con estos ambientes usuario actúa sólo como operario y con algunas orientaciones y resultado de sus experiencias con el software (experiencias generalmente del tipo de prueba y error), va modificando criterios de decisión y formándose como un buen operario del asunto simulado.

6) Herramientas para el modelamiento y la simulación con diferentes metodologías. Ofrecen al estudiante la posibilidad de simular los modelos científicamente aceptados, recreando diferentes escenarios y, en algunos casos, modelar el fenómeno en estudio. Estas herramientas las presentan al margen de los aspectos teóricos que ayudan a tratar, es el profesor el que debe establecer la relación entre modelo y teoría e igualmente organizar la clase y el conjunto de actividades de la misma, entre las cuales debe situar el modelamiento y la simulación apoyada por el software. Este tipo de software exige formación y esfuerzos nuevos al profesor tanto para su uso como para ir incrementando y enriqueciendo los modelos que inicialmente contiene. La preocupación central parece ser la de facilitar el recrear con la simulación los conocimientos científicos sin formular explícitamente las preocupaciones por el cambio educativo necesario para asumir este tipo de herramientas ni su aporte al cambio en general de la educación. Dos de estos productos, con varias de las características señaladas, de muy alta calidad técnica y muy conocidas por la comunidad de la Red Iberoamericana de Informática Educativa (RIBIE), son MODELUS⁹ y EJS¹⁰ (Simulaciones Sencillas en Java).

V. PROYECTO MAC: UNA ESTRATÉGIA PARA PROMOVER UN CAMBIO EN LAS PRÁCTICAS EDUCATIVAS

A. FUNDAMENTOS DE LA PROPUESTA

Por las limitantes propias de una ponencia, sólo presentamos una síntesis de los fundamentos ontológicos, epistemológicos y metodológicos que han venido guiando el desarrollo de esta propuesta. Por el enfoque mismo de desarrollo que aquí se ha asumido, estos fundamentos se han ido elaborando y reelaborando en la medida del hacer en el proyecto. Aquí hacemos énfasis en la concepción de cambio que la propuesta ha asumido tanto para su elaboración como para su intervención en el ambiente educativo. Para mayor información de estos

planteamientos así como de otras ideas propias de esta ponencia, recomendamos consultar los siguientes documentos del grupo SIMON de investigaciones en modelos y simulación:

Esbozo de una propuesta de modelo educativo centrado en los procesos de pensamiento¹¹.

Propuesta de aplicación del pensamiento de sistemas en la educación media, con un soporte informática¹².

Ingeniería de Sistemas : Realidad Virtual y Aprendizaje, el Caso del Cáncer de Mama¹³.

Esbozo de una propuesta de modelo educativo centrado en los procesos de pensamiento¹⁴.

HOMOS 1.0 Herramienta Software para el Modelamiento y Simulación basado en Objetos y Reglas¹⁵.

Representación dinámico sistémica del aprendizaje, y rol de la informática en un esquema pedagógico constructivista¹⁶.

MACMedia: Micromundo para el aprendizaje de las ciencias en educación media - un enfoque dinámico-sistémico¹⁷.

Paisajes Dinámicos con HOMOS 1.0¹⁸.

Ingeniería de Sistemas – Realidad Virtual y Aprendizaje¹⁹.

Cuatro elementos pueden englobar los fundamentos que han guiado el desarrollo de esta propuesta y a su vez la sustentan: El primero, una concepción del cambio que asume que toda situación cambia permanentemente y que para intervenir en ésta, de manera orientada y con propósito, un enfoque de investigación acción (investigación - acción, acción - Investigación)²⁰ es apropiado. El segundo, una propuesta de modelo educativo, el cual surge de una postura crítica frente al modelo predominante y se constituye en un referente para definir y guiar la acción de intervención. El tercer elemento lo define una postura crítica frente al papel de las tecnologías de la información en la educación, para ser conscientes de cuando éstas tecnologías aportan al cambio y cuando se contraponen al mismo, cuando su aporte puede ser sólo un aporte cuantitativo al cambio y cuando puede llegar a ser un aporte cualitativo. El cuarto elemento lo constituye el Pensamiento Sistémico, el cual orienta la definición de cada uno de los anteriores tres elementos y a su vez los integra. Una síntesis de cada uno de éstos se presenta a continuación.

1) Idea General De La Intervención Para El Cambio

El proceso de intervención se asume como una acción orientada al cambio y en una dinámica de investigación acción, es decir, como un proceso de aprendizaje. Este proceso así entendido se sintetiza en la Fig. 1.

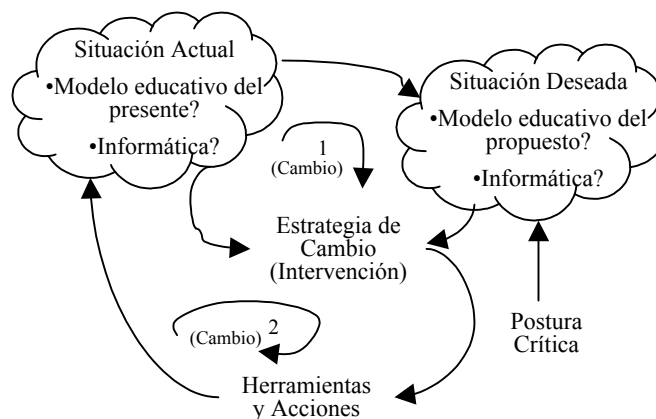


Fig. 1. Ciclos de aprendizaje, construcción y acción para el cambio.

En la Fig. 1. en primera instancia se muestra la necesidad de definir la situación problema en términos del modelo educativo predominante y la postura que guía las prácticas con la informática. A su vez, una postura crítica frente a lo definido como situación actual conduce a plantear lo que configura la situación deseable, en términos de un modelo educativo y de una postura que define el papel de la informática en el contexto de dicho modelo.

Teniendo presente que el cambio se concibe de manera continua, construido a partir del presente y guiado por un futuro deseable; la situación actual así como la situación deseable, aportan elementos que orientan la definición de la estrategia de cambio, a la luz de ésta se definen las acciones y las herramientas para su aplicación. La intervención y sobre todo la reflexión sobre la misma y sus logros, así como el aporte crítico de la comunidad, posibilita un aprendizaje sobre la situación misma y con ello una reformulación de las ideas, para repetir una vez más los dos ciclos de aprendizaje. Fig. 1.

Los dos ciclos presentan velocidades de cambio diferentes, es de esperarse que el ciclo dos (2) se desarrolle a mayor velocidad, pues las estrategias, acciones y herramientas cambian más que la definición de la situación deseable definida en la dinámica del ciclo uno (1).

Los productos informáticos son herramientas que apoyan el desarrollo de las acciones, en nuestro caso cada ciclo aporta en la creación de un nuevo prototipo MAC, productos que se enriquecen con el aprendizaje que se van logrando tanto de los elementos descritos en la Fig. 1 como de la metodología general que conduce el proceso y las acciones de desarrollo del software y su uso.

2) Modelo Educativo

El proyecto MAC se formula con la concepción de cambio descrita en el apartado anterior y hacia un modelo educativo que identifica e integra tres

elementos: Pensamiento Sistémico (P.S), el Enfoque Pedagógico Constructivista (E.P.C) y la Dinámica de Sistemas (D.S), constituyendo una Práctica Educativa Sistémica (P.E.S) Fig. 2, en la cual se recrea con el estudiante situaciones de aprendizaje utilizando el modelamiento y la simulación.²¹

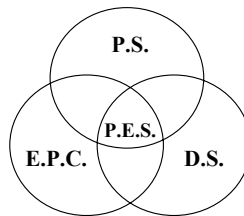


Fig. 2. Esquema de la Práctica Educativa Sistémica.

Al integrar los aportes de cada uno de los elementos de la Práctica Educativa Sistémica, se propicia un Ambiente Educativo Centrado en los Procesos de Pensamiento (A.E.C.P), el cual facilita el desarrollo de habilidades de pensamiento.

La Fig. 3, presenta una descripción del modelo mostrando dos niveles de abstracción, en donde, el nivel inferior es una representación particular del nivel superior.

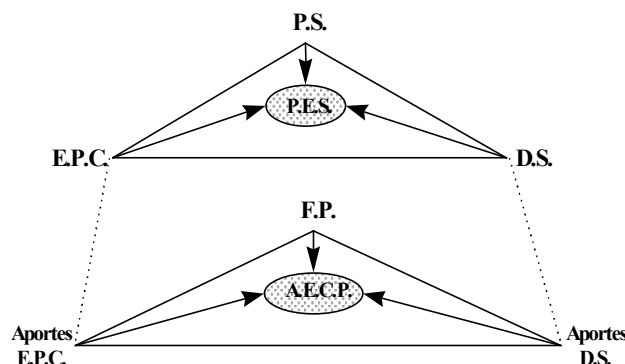


Fig. 3. Esquema del modelo educativo orientado al desarrollo

Este modelo propone centrar el proceso educativo en el desarrollo de habilidades de pensamiento, combinando el P.S. con el enfoque constructivista para orientar la educación hacia “aprender a aprender” y motivar a los estudiantes a comprender fenómenos de diversa naturaleza, contemplando los elementos e interacciones que los describen como sistemas y que explican su evolución dinámica a través del tiempo; esperando así aportar en la formación de un espíritu crítico e investigador.

Para introducir el P.S. en particular en su expresión dinámico-sistémico (apartado VI), se asumen las formas de pensamiento crítico propuestas por Richmond²². Tabla 1

TABLA I
FORMAS DE PENSAMIENTO SISTEMICO, CARACTERISTICAS Y
ACCIONES

FORMA DE PENSAMIENTO	CARACTERÍSTICAS Y ACCIONES PARA SU DESARROLLO
Pensamiento Dinámico (PD)	Identifica patrones de comportamiento y los procesos cíclicos que lo sustentan. Se asocian ciclos causales con su comportamiento.
Pensamiento Estructural (PE)	Se concentra en la estructura del fenómeno: reconoce la causalidad entre los diversos elementos de un fenómeno. Identifica ciclos causales simples.
Pensamiento Genérico (PG)	Identifica similitudes y analogías entre fenómenos de naturaleza diferente (isomorfismos). Usa ejemplos causales. Se requiere de PE y PD.
Pensamiento Operacional (PO)	Implica cómo trabajan realmente las cosas y no cómo teóricamente lo hacen. Se prueban modelos causales en la computadora. De la mano con PE.
Pensamiento Cíclico (PCI)	Identifica la relación entre estructura del modelo y el comportamiento observado en el fenómeno. Explica modelos de sistemas. Va de la mano con el PD y PE.
Pensamiento Continuo (PCO)	Aprueba y explica los fenómenos como resultado de interdependencias continuas y no como hechos aislados. Se diseñan y construyen modelos, se manipulan micromundos basados en modelos de simulación.
Pensamiento Científico (PC)	Cuantifica variables, propone y evalúa hipótesis. Se manipulan modelos preconstruidos y se prueban modelos propios.

De las diversas formas de P.S. que se describieron anteriormente, el pensamiento estructural, el pensamiento dinámico, el pensamiento cíclico y el pensamiento operacional, tienen relación directa con el modelado con D.S. Las otras formas de pensamiento se pueden desarrollar o practicar a partir de la introducción de metodologías que potencien estas habilidades. Al modelado y la simulación con Dinámica de Sistemas y su papel en el aprendizaje, se dedica el numeral VI de este documento.

3) *C. Postura Crítica Frente a la Informática*

Una postura crítica frente a la informática no implica un desconocimiento de lo que se ha hecho y se hace en este campo, ni mucho menos una postura sectaria y de supuesta última palabra al respecto. Todo lo contrario, se trata de una postura crítica y sistémica, para la cual es indispensable un conocimiento y un reconocimiento de la totalidad sistémica constituida por las diversas prácticas en

la informática. Esta postura se construye en un proceso de conocimiento y reconocimiento, en un proceso que identifica la perspectiva desde la cual el otro interpreta al mundo de la informática y la educación e interviene en éste (perspectiva explícita o implícita para él). Una síntesis de esta postura crítica que permite el diseño de otras y reconocer las existentes, se presentó en el apartado III.

4) Pensamiento Sistémico (P.S)

Está presente de varias formas, en principio para guiar la formulación misma de la propuesta, para mirar la realidad de la educación y en ella la de la informática y para concebir la diversidad y la unidad de dicha situación compleja. Además, el P.S. integra la propuesta y orienta la formulación de cada uno de los demás elementos que la fundamentan y finalmente, se constituye en un objetivo mismo ya que el llevarlo a la educación explícitamente o implícitamente, es un propósito de la propuesta.

El P.S. se manifiesta en la concepción del cambio y en la preocupación por la intervención en el mismo cuando reconoce la variedad y la unidad de la situación que se desea cambiar y cuando reconoce las diferentes posturas de la comunidad frente a la informática y su papel en la educación o, como diría Chuchrman²³, “se ve el mundo con los ojos de los demás”. Así el P.S. se constituye en los ojos de los ojos para conocer y reconocer las posturas que, implícita o explícitamente definidas por la comunidad, la orientan en su hacer educativo e informático. En el contexto de ese reconocimiento y a partir de éste, se formulan las propuestas concretas de acción para el cambio.

El P.S. igualmente se encuentra explícitamente presente en el modelo educativo propuesto como referente crítico de la situación actual. Finalmente el P.S. trasciende los fundamentos y se expresa en los instrumentos que se proponen (productos informáticos por ejemplo), los cuales se desarrollan con un afán holista en su concepción y en su proyección para toda la comunidad. A la vez los instrumentos procuran llevar éste pensamiento a la cultura educativa misma, ver apartado VI.

B. PRODUCTOS MAC (MICROMUNDOS PARA EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS)

Teniendo presente los fundamentos de la propuesta, presentados en los apartados anteriores y, además, las posibles acciones que la idea del cambio enunciada y la realidad de las instituciones educativas de nuestro medio nacional permiten, se han venido desarrollado los productos MAC, para los grados 1 a 11.

Los MAC son herramientas para la acción y como tales no determinan lo que se ejecute con ellas, pero si están desarrolladas con la intención de posibilitar el

pensar y diseñar la estrategia de cambio. Es decir, la herramienta así concebida, no sólo es un instrumento sino también un elemento del contexto en el cual es posible idear estrategias y proponer acciones acordes con la postura institucional frente a la educación y a la informática.

En particular estos productos integran: el uso de la multimedia, las bondades de los ambientes soportados en páginas web, las facilidades de comunicación y acceso a información vía internet, las potencialidades de la computación para simular fenómenos soportados en complejos modelos matemáticos y de esta manera crear ambientes de experimentación altamente interactivos y finalmente, las potencialidades de las herramientas para el modelamiento y la simulación con Dinámica de Sistemas, que permiten orientar procesos de construcción y reconstrucción de conocimientos, herramientas que hasta el presente sólo han estado al alcance de cursos universitarios o de centros de investigación.

Los MAC pueden tener tres presentaciones, una dirigida a la institución, otra al profesor y otra al estudiante. No queriendo decir con esto que se trata de tres productos, sino de uno que ofrece facilidades particulares a cada uno de los tres agentes (estudiante, profesor e institución), para el cumplimiento de sus tareas particulares y para aportar mancomunadamente al proyecto común. La versión del estudiante está orientada a facilitar su estudio con propósitos de formación y de aprendizaje. La del profesor, a apoyarle el atender sus preocupaciones por la organización del conocimiento y la orientación del proceso de aprendizaje. La versión institucional debe aportar a la creación de un ambiente de comunicación estudiante-profesor, estudiante-estudiante y a la gestión del proceso educativo, facilitando la evaluación con propósito de formación y aprendizaje y no tanto de calificación; además, debe repotenciar los servicios de las otras dos versiones en la medida que integra y comunica agentes y máquinas.

Los MAC son productos software motivados por la tercera postura, frente a la informática, enunciada (ver apartado III.) y por tal motivo están inspirados en un afán integrador del conocimiento y por una idea de informática le brinde a la institución, al profesor y al estudiante facilidades para sus labores e innovaciones en las mismas. Pero esto no impide que los MAC puedan jugar un papel en las acciones que se conciben en el contexto de las demás posturas, al contrario, han sido diseñados pensando que posibiliten el actuar a partir de cualquier postura pero que inviten al cambio.

Por lo anterior los MAC, pretenden integrar en un sólo producto características deseables para cada una de las posturas frente a la informática, éstas se resumen de la siguiente manera:

- 1) Uso de la multimedia para presentar contenidos teóricos semejante a los "software de enciclopedia" y para presentar resultados de procesos de experimentación simulada.

2) Facilidades para el desarrollo de experimentos simulados, con interactividad y posibilidades de modificación e incrementos por parte del docente.

3) Herramienta para el modelamiento con Dinámica de Sistemas y para la creación de ambientes de experimentación a partir de dichos modelos, integrándolos con la información teórica presentada.

4) Apoyo para la gestión educativa y en particular, para el seguimiento del proceso de aprendizaje del estudiante por parte del docente y para la utilización de los servicios del software en el desarrollo de clases estructuradas por el docente, según lo demande el proceso de aprendizaje de un grupo en particular.

5) Facilidades para la comunicación entre estudiantes y docente–estudiante promoviendo procesos de aprendizaje colaborativo.

6) Facilidades para la utilización organizada de la información disponible en la red de internet, asociándola a cada una de las temáticas de estudio.

7) En general tres ambientes: uno donde mediante la lectura se accede a los fundamentos teóricos (nivel del lector), otro en el cual es posible efectuar la experimentación simulada de los fenómenos en estudio (nivel del experimentador) y un tercer ambiente donde el estudiante puede conocer los modelos matemáticos de simulación que sustentan los experimentos, conociendo así las causas del comportamiento (nivel del investigador). Es de acotar que el docente puede incrementar los contenidos asociados a cada uno de estos ambientes e igualmente organizarlos de manera particular para clases específicas.

C. LOGROS, LIMITANTES, RETOS Y EXPECTATIVAS

Pasados seis años de iniciada la elaboración y aplicación de la propuesta que aquí se ha sintetizado, los logros, limitaciones, retos y expectativas que el grupo SIMON considera más relevantes para este proyecto, se resumen así:

Logros: se pueden considerar en términos de la construcción de la propuesta, del desarrollo de los productos software y de la aplicación y difusión:

1. Se ha logrado plantear una propuesta que contempla los fundamentos y los productos MAC, la cual constituye un mapa para guiar la continuidad en la formulación teórica, para la construcción de instrumentos y para la acción de intervención.

2. Otro logro se expresa en los prototipos desarrollados hasta el momento, los cuales, en orden cronológico, corresponden a: MACMedia 1.0, orientado a los cursos 10 y 11. MAC 6-7 1.0 cubre los grados 6 y 7 y MAC 8-9 1.0, los grados 8 y 9, los dos anteriores prototipos se desarrollaron simultáneamente a partir de la experiencia de MACMedia 1.0 con un notorio progreso técnico y de representación de la propuesta. MAC 4-5 1.0 para los grados 4 y 5, contempló la experiencia de los tres los anteriores. MACMedia 2.0, segunda versión cubriendo las grados 10 y 11. Finalmente el último prototipo desarrollado corresponde a MAC 6-7 2.0, segunda versión, cubriendo los grados 6 y 7 y sintetizando toda la experiencia de los MAC anteriores.

3. La difusión de la propuesta en las instituciones educativas, en el marco de las pruebas asociadas a cada uno de los prototipos desarrollados y en la comunidad nacional e internacional mediante los artículos citados. Las experiencias se han desarrollado en una institución por cada prototipo y en ellas se verificó la posibilidad real de aplicar la propuesta, a pesar de las limitaciones que más adelante se señalan.

Limitaciones: Cada etapa ha presentado limitantes asociadas al desarrollo y a la aplicación, hoy las que se aprecian se engloban en:

1. La resistencia al cambio: ha estado presente en todas las acciones orientadas a la formulación y aplicación de la propuesta. Se han necesitado actividades concretas para lograr formalmente el respaldo de las instituciones y no todos los docentes han mostrado interés en el proyecto. La resistencia de algunos de ellos, en ocasiones, es manifestación de sus temores al uso de la tecnología.

2. Aunque no es la limitante mayor, si es de considerar que la no existencia de ciertas tecnologías, o el no acceso a alguna de ellas por parte del grupo de desarrollo, impiden poder viabilizar algunos de los requerimientos técnicos formulados para los MAC.

3. La infraestructura informática de algunas instituciones educativas de nuestro medio, constituye un limitante técnico para implantar herramientas software que, como los MAC, exigen recursos de un nivel tecnológico superior al existente en muchas de ellas.

Retos : Actualmente se orientan al progreso en el desarrollo de los MAC y a la implantación de la propuesta de manera duradera en las instituciones educativas. Estos se resumen en:

1. Ampliar en los MAC los aportes conceptuales y técnicos que se derivan de las ideas del Aprendizaje Colaborativo y de los Tutores Inteligentes, y que contribuyan a desarrollar los fundamentos de la propuesta. Además, acceder a

las tecnologías computacionales que faciliten una variada presentación de resultados en los experimentos simulados, permitiendo paisajes dinámicos en los cuales, los dibujos muestren animaciones según los valores que toman las variables del modelo durante la simulación.

2. Lograr experiencias de cobertura de todo un curso regular, en el área de ciencias de la naturaleza.

3. Llevar la propuesta a una comunidad (municipio) con un número significativo de instituciones, de manera que se pueda apreciar la variedad de situaciones institucionales y posibilidad de aplicación en cada una de ellas. Procurando la vinculación de la propuesta al proyecto educativo institucional.

Expectativas: En correspondencia a los retos planteados, las expectativas están asociadas a la consolidación, difusión e implantación así:

1. Que siguiendo la dinámica de investigación–acción señalada, se consolide la propuesta y se obtengan los resultados esperados según los retos formulados.

2. Que como continuidad del plan general de desarrollo y aplicación de la propuesta, ésta se logre vincular de manera permanente en la vida académica de un conjunto de instituciones educativas piloto.

3. Que se logre una difusión masiva de las ideas aquí presentadas dentro de la comunidad educativa nacional e internacional

VI. APRENDIZAJE DINÁMICO-SISTÉMICO²⁴

A. MODELADO Y SIMULACIÓN CON DINÁMICA DE SISTEMAS.

Nuestro estado de entendimiento de un fenómeno está representado por la imagen o *modelo mental* que de él nos hacemos. Ese modelo mental está cambiando continuamente, bien sea por las nuevas percepciones y experiencias que nos proporciona el contacto con el fenómeno, o porque reinterpretemos experiencias y conceptualizaciones pasadas bajo una nueva luz. El modelo mental no solamente representa al fenómeno desde nuestra perspectiva, sino que también actúa como filtro en nuestra relación con el fenómeno. Es decir, condiciona tanto nuestras percepciones como nuestras acciones sobre el fenómeno. Esta interacción, mediada por el modelo mental, se puede representar mediante el ciclo externo fenómeno-modelo mental. Fig. 4.

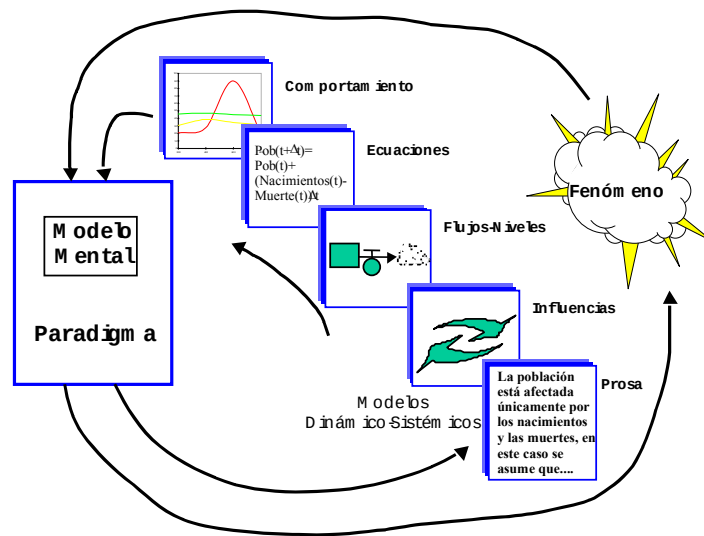


Fig. 4. Modelado y simulación con Dinámica de Sistemas.

Las imágenes mentales cambian por el simple hecho de que estamos expuestos a la interacción con el fenómeno. Pero junto a este proceso natural puede también plantearse un proceso dirigido de reformulación del modelo mental, un proceso dirigido de aprendizaje acerca del fenómeno. Es este precisamente el propósito del modelado y la simulación con Dinámica de Sistemas.

La reformulación dirigida, a diferencia de la transformación natural, se enfrenta con una dificultad. En la mayoría de casos no tenemos conciencia de cuál es nuestro modelo mental; comúnmente permanece implícito, oculto. La imagen mental participa, como un filtro, en cualquier interacción nuestra con el fenómeno: cuando experimentamos, reflexionamos o decidimos una acción sobre el fenómeno. Pero en su intervención permanece detrás de nuestra interacción. En condiciones normales, no apreciamos el filtro a través del cual estamos viendo.

Esta invisibilidad del modelo mental es problemática para el proceso dirigido mediante la Dinámica de Sistemas, pues si queremos modificar intencionalmente un modelo mental es necesario tenerlo en alguna expresión visible, explícita. Es necesario tener una representación, un modelo, del modelo mental. La Dinámica de Sistemas ofrece herramientas metodológicas para expresar el modelo mental mediante un modelo visible, con lo cual es posible desarrollar el proceso dirigido de reformulación del modelo mental hacia una mejor comprensión dinámico-sistémica del fenómeno. En consecuencia, el paradigma dinámico-sistémico es un paradigma de modelamiento, entendido el modelamiento como la actividad de

hacer explícita en modelos formales nuestros modelos mentales de los fenómenos, como el re-representar del fenómeno.

De esta manera, el paradigma expresado con los útiles dinámico-sistémicos se convierte en un objeto mediador de nuestra interacción y nuestra comprensión. El modelo dinámico-sistémico liga explícitamente el fenómeno con nuestro modelo mental del mismo. La forma de este vínculo es la de un doble ciclo. Fig 4. El ciclo externo, entre el fenómeno y el modelo mental, ya había sido descrito. Mientras que el ciclo interno muestra el proceso mediante el cual podemos establecer una interacción con nuestro propio modelo mental, visibilizado a través del modelo o modelos dinámico-sistémicos. Estos sirven como pantalla sobre la cual se proyecta la imagen mental, con lo cual logramos tener ante nosotros tanto al fenómeno como a esa versión aproximada de nuestro modelo mental, lo que hace posible su comparación y, por lo tanto, abre posibilidades para mejorar nuestra comprensión del fenómeno.

B. INTERACCIÓN SIMULADA Y MUNDOS VIRTUALES

Los modelos dinámico-sistémicos tienen la forma de hipótesis causales que explican un comportamiento. Es decir, es posible preguntarle a un modelo dinámico-sistémico ¿por qué sucede tal o cual comportamiento? o ¿cuál podría ser el comportamiento si se dan estas condiciones?. En ambos casos la respuesta explicativa del modelo vendrá dada en términos de causalidades circulares (realimentación)

Esta forma particular que toman los modelos dinámico-sistémicos permite hacer con ellos una interacción simulada. De modo análogo a como sucede una interacción con el fenómeno, es también posible interactuar con el modelo. Es decir, es posible provocar acciones sobre el modelo y observar sus consecuencias dinámicas bajo ciertas condiciones supuestas (bajo determinado escenario), debido a la capacidad de respuesta explicativa del modelo. A diferencia de lo que ocurre con nuestra interacción con el fenómeno, a través del modelo se observan las consecuencias posibles de las decisiones que se tomen en diferentes escenarios (condiciones iniciales del sistema y restricciones exógenas o paramétricas). Es decir, a diferencia de los modelos proyectivos, que asumen que el futuro transcurrirá bajo las mismas condiciones que se dan en el presente, en el paradigma dinámico-sistémico se pueden simular posibles futuros bajo diferentes escenarios. Esta mayor capacidad de exploración del horizonte futuro redundará en un mayor aprendizaje y una toma de decisiones más comprensiva.

Una nueva mirada de la Fig. 4. revela, que el estudio de fenómenos en el paradigma dinámico-sistémico sucede en nuestra interacción con un mundo real, el fenómeno, y además, con un mundo virtual, el modelo dinámico-sistémico; mediadas ambas por nuestro modelo mental. En este orden de ideas, puede

entenderse el papel del modelado y la simulación con Dinámica de Sistemas, como el de un medio para la construcción de mundos virtuales con los cuales podemos establecer una interacción simulada que nos ayude a comprender mejor el mundo real, esto es, a modificar de manera dirigida nuestros modelos mentales acerca de la realidad, aprender.

C. EL DOBLE CICLO DE APRENDIZAJE: PARADIGMA Y LENGUAJE

El doble ciclo Fig. 4. representa un proceso, idealmente inagotable, de aprendizaje dinámico-sistémico sobre el fenómeno en cuestión. Pero no solamente ocurre un aprendizaje entendido como la modificación de nuestro modelo mental sobre el fenómeno. Además, Fig. 4. muestra que el modelo mental se sostiene en cierto paradigma de pensamiento. Así, en la medida en que nuestro modelo mental va adquiriendo mayor riqueza respecto de la comprensión dinámico-sistémica del fenómeno, lo que en un plano más profundo va sucediendo es que estamos experimentando un aprendizaje del mismo paradigma dinámico-sistémico. Dicho de otra manera, el uso que hacemos del sistema de lenguajes dinámico-sistémicos en la actividad de modelamiento va produciendo una apropiación progresiva del paradigma dinámico-sistémico. De este modo, el lenguaje y el paradigma en la Dinámica de Sistemas constituyen las dos caras de una moneda, el aprendizaje de uno y otro se va reforzando mutuamente en la medida en que miramos y estudiamos el mundo dinámico-sistemicamente*. Este proceso es el que se pretende vivir al interactuar con productos como los MAC, descritos en el apartado V – B.

D. Útiles de la Dinámica de Sistemas para el modelado.

En los anteriores apartados se concluyó que mediante la Dinámica de Sistemas los modelos mentales se hacen visibles en forma de hipótesis estructurales causales del comportamiento del objeto de estudio. Ahora bien, ¿Cuáles son los útiles metodológicos que ofrece la Dinámica de Sistemas para este modelado?. Todos ellos pueden englobarse diciendo que la Dinámica de Sistemas proporciona un sistema de lenguajes con los cuales es posible expresar la causalidad circular.

Los modelos dinámico-sistémicos son escritos en esos lenguajes. Los diferentes tipos de lenguajes Fig. 4: el lenguaje de prosa, el lenguaje de los diagramas causales, el lenguaje de los diagramas de niveles y flujos, el lenguaje de ecuaciones y el lenguaje de los resultados simulados. Cada uno de ellos satisface de manera particular los requerimientos de un modelo dinámico-

* El mero uso de útiles de la Dinámica de Sistemas (diagramas causales, de Forrester, etc.) no implica el aprendizaje del paradigma dinámico-sistémico, para ello es necesario pensar el fenómeno desde una perspectiva dinámico-sistémica.

sistémico, esto es, la posibilidad de expresar hipótesis causales de la dinámica y de realizar con ellas una interacción simulada.

Los lenguajes nos ofrecen posibilidades que son complementarias. Por esta razón conviene entenderlos como un sistema pues en su conjunto hace posible estudiar dinámico-sistémicamente un fenómeno mediante modelos. Su carácter de sistema también radica en que los lenguajes están imbricados en diferentes niveles de abstracción, desde el más bajo, en el lenguaje de prosa, pasando por el diagrama causal y luego el diagrama de niveles y flujos, hasta el más abstracto, el lenguaje de ecuaciones. De modo que entre un lenguaje y el siguiente, en este orden del sistema de lenguajes, hay un cambio de plano de abstracción y esta es otra razón de su riqueza expresiva para el estudio de la causalidad.

VII. A MANERA DE CONCLUSIÓN.

El modelamiento y la simulación, como recurso para la construcción y la reconstrucción del conocimiento, es una buena idea en la educación y junto al Pensamiento Sistémico en su expresión Dinámico Sistémica, puede contribuir a la creación de un nuevo contexto educativo en el cual esa buena idea sea aún mejor.

REFERENCIAS

-
- ¹ H. H. Andrade, I. Dyner, A. Espinosa, H. López y R. Sotaquirá, "Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de Unidad", Ediciones Universidad Industrial de Santander, 2001.
 - ² J. O'Connor. "Introducción al Pensamiento de Sistemas", Ediciones Urano, España, 1998
 - ³ P. Senge. "La Quinta Disciplina", Editorial Granica, España, 1992.
 - ⁴ H. H. Andrade, I. Dyner, A. Espinosa, H. López y R. Sotaquirá, "Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de Unidad", Pag 227-232. Ediciones Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2001.
 - ⁵ M. Foulcault. "Las Palabras y las Cosas", Editorial Siglo XXI, México, 1981.
 - ⁶ H. Maturana. "La Objetividad, un argumento para obligar", Dolmen Ediciones, Santiago, 1997.
 - ⁷ H. Andrade, L. C. Gómez, D. P. Duarte, W. Lozano. "Propuesta de un Sistema Intranet para mediar en el proceso educativo para el mundo de Internet", X Congreso Nacional de estudiantes de Ingeniería de Sistemas, Cartagena de Indias, 2000.
 - ⁸ J. Forrester. "Roap Maps: La dinámica de Sistemas y el Aprendizaje centrado en el aprendiz desde el jardín infantil hasta el doceavo grado de educación", Capitulo I, MIT.
 - ⁹ V. Duarte, J. Duque, F. Costa. "Interactive Modelling with Mathematics, Modelus 2.0", faculty of Sciences and Technology, New University of Portugal, 2000
 - ¹⁰ F. Esquembre, "Easy Java Simulations – EJS.", Universidad de Murcia, España, 2000
 - ¹¹ H. Andrade. Esbozo de una propuesta de modelo educativo centrado en los procesos de pensamiento, Revista Heurística, Cali, Colombia, 1999.
 - ¹² H. Andrade, C. Parra. Propuesta de aplicación del pensamiento de sistemas en la educación media, con un soporte informático, Tercer Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, Barranquilla, Colombia, 1996.
 - ¹³ H. Andrade, X. Navas. Ingeniería de Sistemas: Realidad Virtual y Aprendizaje, el Caso del Cáncer de Mama., IV Congreso Nacional de Informática Educativa, Colombia, 1998.
 - ¹⁴ C. Parra, H. Andrade. Esbozo de una propuesta de modelo educativo centrado en los procesos de pensamiento. Cuarto Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, Brasil 1998.

-
- ¹⁵ H. Andrade, O. Lozano, C. Duarte. HOMOS 1.0 Herramienta Software para el Modelamiento y Simulación basado en Objetos y Reglas. Cuarto Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, Brasil 1998.
- ¹⁶ R. Jaime, H. Andrade. Representación dinámico sistémica del aprendizaje, y rol de la informática en un esquema pedagógico constructivista. Cuarto Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, Brasil 1998.
- ¹⁷ H. Andrade, A. Villa, C. Zafra. MacMedia: micromundo para el aprendizaje de las ciencias en educación media - un enfoque dinámico-sistémico. V Congreso Nacional de Informática Educativa, Colombia, 2000.
- ¹⁸ H. Andrade, O. Lozano, C. Duarte. Paisajes Dinámicos con HOMOS 1.0 . Revista Iberoamericana de Informática Educativa, España 2000
- ¹⁹ H. Andrade, X. Navas. Ingeniería de Sistemas – Realidad Virtual y Aprendizaje, Revista de Ingenierías - UIS, Colombia, 2002.
- ²⁰ P. Checkland, J. Scholes. "Soft System Methodology in Action". Editorial Jhon Wiley and sons, Chichester, 1990.
- ²¹ C. Parra. "Propuesta de aplicación del pensamiento de sistemas y dinámica de sistemas en la educación media con un soporte informático". Tesis de maestría en informática, UIS Colombia 1997.
- ²² B. Richmond. System Thinking at the 90s and beyond. System Dynamic Riview Summer Vol . 9 No 2, 1993
- ²³ C. W. Churchman. "The System Approach", Dell, N.Y., 1968.
- ²⁴ H. H. Andrade, I. Dyner, A. Espinosa, H. López y R. Sotaquirá, "Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de Unidad", Pag 227-249. Ediciones Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2001