

Una experiencia escolar con modelado y simulación para la comprensión de un fenómeno: el caso de la influenza A(H1N1)

AN EDUCATIVE SCHOOL EXPERIENCE WITH MODELING AND SIMULATION TO UNDERSTAND A GIVEN PHENOMENON: THE SWINE FLU CASE A(H1N1)

UMA EXPERIÊNCIA ESCOLAR COM MODELADO E SIMULAÇÃO PARA O ENTENDIMENTO DE UM FENÔMENO: O CASO DA INFLUENZA A(H1N1)

Hugo Hernando Andrade Sosa* / handrade@uis.edu.co

Gina Paola Maestre Góngora** / g.maestre@gmail.com

Resumen

Este artículo presenta la experiencia del grupo SIMON de la Universidad Industrial de Santander, UIS, en convenio con Computadores para Educar, CPE, promoviendo el proyecto escolar: *Prevención Frente al Virus de la Influenza AH1N1*. Se motiva la integración de todas las áreas del conocimiento, con la presencia de la informática mediante el modelado y la simulación de enfoque estructural y los lenguajes de la Dinámica de Sistemas (DS) y el Modelado Basado en Objetos y Reglas (MBOR); sin faltar el componente lúdico y de trabajo en la red. Para la comprensión de cómo y por qué se presenta la epidemia de una gripe como la A(H1N1) y entender porque se dice que la prevención es un problema de todos y para todos.

Summary

This paper presents the experience of the Grupo SIMON of Universidad Industrial de Santander, in partnership with Computadores Para Educar (CPE), which promotes the prevention against the virus of influenza AH1N1. The general goal is to promote the integration in all areas, specially computer science, through modeling and simulation with dynamic systems, based on objects and rules, with recreational activities and work on the network, to encourage reflection and understanding of how and why the epidemic of influenza A(H1N1) is expanded, as well as understand why it is said that prevention is everybody's issue and for all.

Resumo

Este artigo apresenta a experiência do grupo SIMON da Universidad Industrial de Santander (UIS), em convênio com Computadores para Educar (CPE), promovendo o projeto escolar: *Prevenção Frente ao Vírus Da Influenza AH1N1*. Motiva-se a integração de todas as áreas do conhecimento, com a presença da informática mediante o modelagem e a simulação de enfoque estrutural e as linguagens da Dinâmica de Sistemas (DS) e o Modelagem Baseado em Objetos e Regras (MBOR); sem faltar o componente lúdico e de trabalho na rede. Para o entendimento de como e porquê se apresenta a epidemia de uma gripe como a A(H1N1) e entender porque se diz que a prevenção é um problema de todos e para todos.

Palabras clave

Influenza A(H1N1), modelado y simulación, informática en la educación, software, dinámica de sistemas, Modelado basado en objetos y reglas.

Key words

Flu A(H1N1), modeling and simulation, informatics in education, software, system dynamics.

Palavras chave

Influenza A(H1N1), modelagem e simulação, informática na educação software, dinâmica de sistemas, Modelagem baseado em objetos e regras.

* Magister en Informática. Universidad Industrial de Santander.

** Ingeniera de Sistemas. Universidad Industrial de Santander.

Introducción

La propagación de la influenza A(H1N1) es una problemática de interés para la comunidad mundial que ha pasado, en corto tiempo, de epidemia a pandemia según la Organización Mundial de la Salud (OMS)¹.

Esta pandemia se ha caracterizado hasta ahora por la levedad de los síntomas en la gran mayoría de los pacientes, que generalmente se recuperan en una semana incluso sin tratamiento médico. Sin embargo, la OMS ha orientado a todos los países para que mantengan una estricta vigilancia para detectar cualquier evento inusual, por ejemplo conglomerados de casos graves o mortales de infección por el virus, casos de enfermedad respiratoria que requieran hospitalización o cuadros clínicos inhabituales asociados a una especial gravedad o mortalidad.

Una estrategia centrada en la detección, la confirmación de laboratorio y la investigación de todos los casos, incluidos los leves, exige ingentes recursos. En algunos países esa estrategia está absorbiendo la mayor parte de los medios de laboratorio y la capacidad de respuesta nacional, dejando poco margen para la vigilancia e investigación de los casos graves y otros eventos excepcionales.

La formación de la comunidad y la difusión oportuna de información son de vital importancia para que la población comprenda qué medidas de prevención se deben tomar, por qué y durante cuánto tiempo. En este sentido el Ministerio de Educación Nacional ha recomendado que los docentes se mantengan informados sobre los acontecimientos que se están dando alrededor del virus A(H1N1) con el objetivo de que se conviertan en multiplicadores de la información oficial y, de esta manera, poder frenar la pandemia (Ministerio de Educación Nacional, 2009).

A continuación se presenta la experiencia del proyecto escolar *Prevención frente al virus de la influenza A(H1N1)*², promovido por el Grupo SIMON de investi-

gación, con el cual se motiva a que las sedes educativas del país desarrollen una estrategia de aprendizaje y difusión de información acerca de la propagación de la gripe A(H1N1) mediante actividades lúdicas y utilización de tecnologías de información y comunicación (TIC), en particular del *Modelado y simulación* (MS) de enfoque estructural, los lenguajes de la Dinámica de sistemas, DS, (Andrade, Dynner, Espinosa, López, & Sotaquirá, 2001, pp. 171-173; Forrester, 1992)³ y el *Modelado basado en objetos y reglas*, MBOR, (Boohan, 1992; Duarte & Lozano, 1998)⁴. Esto se hace en el marco de diversas actividades en las cuales se integra el aporte de diferentes áreas mediante trabajo colaborativo y el uso de recursos con los cuales podemos comprender y experimentar, mediante simulaciones, sobre la epidemia de la influenza A(H1N1).

Contexto

Desde mediados del 2004 hasta el 2008, la UIS, a través del grupo SIMON de investigación, en el marco de convenios con CPE, ha acompañado 1155 sedes educativas⁵. En el 2009 acompaña 683 sedes de los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, La Guajira, Magdalena y Norte de Santander, con el objeto de promover un proceso de integración de las TIC a su proyecto educativo, en una dinámica de aprendizaje y práctica docente. Se procura consolidar un proyecto de informática sostenible para las comunidades mismas que lo desarrollan (Andrade & Maestre, 2008). El acompañamiento es presencial, de intervención directa en la institución y durante un año escolar en cada sede. Uno de los aportes que se ha puesto a consideración de las comunidades para desarrollar la integración es

y http://simon.uis.edu.co/redescuela/actividades/actividades_index_u.php.

3 Lenguaje que modela sistemas dinámicos mediante variables de acumulación (nivel) y de flujo, y analiza las relaciones entre los bucles de retroalimentación que surgen entre estas variables. Debido a la complejidad de los sistemas representados se requiere la simulación. Ello hace necesario la expresión matemática de los modelos en forma de ecuaciones diferenciales.

4 Lenguaje de modelado basado en la teoría de autómatas celulares y con el cual se explican los fenómenos como totalidades dinámicas constituidas por objetos que evolucionan temporal y espacialmente, según reglas aplicables a cada objeto en sí y sus interacciones con los demás.

5 Este acompañamiento, desde 2003 hasta 2008, se denominó "Fase de Profundización" (FP). En el 2009 se ha denominado "Etapa de Formación y Acompañamiento" (EFA).

1 Las fases de alerta (epidemia o pandemia) no son barómetros epidemiológicos sino alertas para que la población global tome medidas. Significan que el peligro de propagación del virus es alto y se deben tomar medidas especiales de prevención. Según la OMS, la alerta está dada desde el 11 de junio de 2009.

2 El proyecto completo se encuentra disponible en <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/home/1592/article-192194.html>

el MS de enfoque estructural⁶, que presenta la DS y MBOR como lenguajes que facilitan la construcción de explicaciones científicas y la experimentación con las mismas en términos de simulaciones (Andrade & Maestre, 2009). Para integrar el MS a la educación colombiana en el marco de CPE se han seguido las propuestas surgidas al interior del grupo SIMON, tituladas: *Propuesta informática para la educación en el cambio, basada en ambientes de modelado y simulación: un enfoque sistémico* (Navas, 2006) para el caso de la DS, y *Propuesta informática para la educación soportada en el modelado basado en objetos y reglas* (M. Gómez, 2007) para el MBOR.

Teniendo en cuenta el contexto descrito y la situación que ha generado la influenza A(H1N1) en Colombia, los Ministerios de la Protección Social y de Educación Nacional, en su preocupación por dar a conocer a las comunidades toda la información acerca del virus y las medidas de prevención para contrarrestar su expansión, han dado orientaciones para que en las sedes educativas y su entorno social se promuevan actividades con este propósito.

El grupo SIMON durante el 2009 está motivando (a nivel nacional a través del portal *Colombia aprende* y de manera directa en 511 sedes educativas, en el marco del convenio CPE-UIS), el proyecto *Prevención frente al virus de la influenza A(H1N1)*. El objetivo es promover en la escuela la integración de las áreas del conocimiento, en particular con la informática, alrededor del estudio de una problemática de interés general para la comunidad. Es decir, con el uso del MS, facilitar la comprensión de cómo y por qué se presenta la epidemia de una gripe como la A(H1N1), entender por qué se dice que la prevención es un problema de todos y para todos, qué es lo que sucede cuando se realiza la prevención, hasta cuándo se debe mantener la prevención y por qué las medidas esporádicas de prevención son poco efectivas.

6 Este enfoque propone la construcción de la explicación científica en términos de una utilidad que sirve de modelo para responder algunas preguntas sobre el fenómeno en estudio. Estas preguntas son principalmente sobre el devenir (dinámica) del fenómeno y se responden desde una explicación (en términos de un modelo) que contempla los elementos y relaciones que determinan (sistema) que lo que se aprecia suceder, suceda.

Metodología

El proyecto *Prevención frente al virus de la influenza A(H1N1)* se promueve mediante dos estrategias: una de difusión masiva y otra de orientación individual. A nivel masivo se difunde a través del portal *Colombia Aprende* bajo el título *Aprendamos sobre la prevención de la influenza A(H1N1) con juegos y simuladores*, que motiva a todas las sedes educativas del país a desarrollar actividades escolares con un componente lúdico y de uso de simuladores⁷.

La estrategia de orientación directa e individual se desarrolla en dos etapas: la primera se denomina etapa de *acercamiento*, en la cual los tutores CPE-UIS⁸ motivan el desarrollo del proyecto con un colectivo representativo de los profesores de cada sede acompañada, realizan algunas de las actividades propuestas y establecen compromisos para que los profesores los desarrollen. La segunda etapa se denomina *proyección institucional*: los profesores que recibieron las orientaciones promueven actividades en el aula y además replican y promueven actividades con los demás profesores de la sede, motivando así que se estructure un proyecto institucional con la participación de toda la comunidad escolar y con proyección a su entorno social. El proyecto contempla actividades lúdicas de uso de la informática con MS, integración de diversas áreas de conocimiento y trabajo colaborativo en la red.

El acercamiento

Durante las actividades de formación y acompañamiento presencial en las sedes educativas, los tutores promueven el proyecto así:

*Desarrollo del juego de la epidemia*⁹

Juego que recrea (simula) en vivo la propagación de una enfermedad por el contacto directo entre personas

7 Para mayor detalle consultar *Aprendamos sobre la prevención de la influenza A(H1N1) con juegos y simuladores* disponible en http://www.colombiaaprende.edu.co/html/home/1592/article-189789.html#h2_3 y *Proyecto Prevención de la Gripe AH1N1 con modelado y simulación* disponible en http://simon.uis.edu.co/redescuela/actividades/actividades_index_u.php.

8 Los tutores son las personas encargadas de desarrollar las actividades de la etapa de formación y acompañamiento CPE UIS, actividades que previamente son diseñadas y orientadas por los investigadores del Grupo SIMON de la UIS.

9 Juego basado en *The Infection Game* un juego en el que una "enfermedad sin cura" se transmite mediante un saludo de manos (Forrester, 1992, lección 5).

sanas y personas enfermas (contagiadas). Las personas que se contagian propagan la enfermedad y permanecen enfermos durante todo el juego. Para el contagio se requiere contacto entre sanos y enfermos, pero no siempre que haya contacto entre estos se produce contagio; algunas veces sí otras veces no. Cabe anotar que la prevención no se contempla durante el juego. Participan principalmente profesores, en algunas ocasiones padres de familia o estudiantes. El tutor es el árbitro y dirige la actividad (Andrade, Maestre, & López, s.f.).

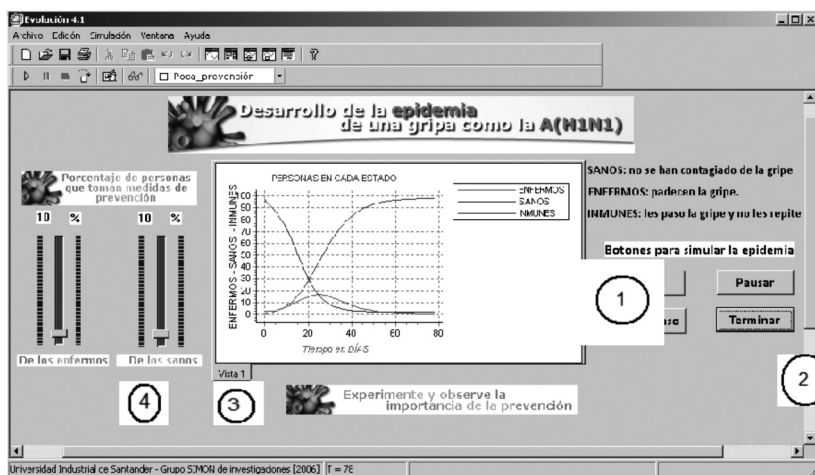
El propósito del juego es que los participantes desarrollen un modelo mental de cómo se da la propagación de una enfermedad por contacto directo entre sanos y enfermos y así elaboren un referente de experiencia “vívida” para construir un modelo mental de mayor complejidad, como el de la gripe A(H1N1). Después del juego se reflexiona sobre cómo se propaga la gripe, se señalan las diferencias entre el juego y la gripe y se imagina cómo habría sido sin esas diferencias. Finalmente, se discute cómo habría sido el juego con

prevención, para de esta forma construir un modelo mental de la gripe con prevención. Adicionalmente se puede consultar un material donde se explica el modelo (usando implícitamente DS) que facilita comprender la prevención y luego operar con el simulador.

Simulación con el computador

Se busca que los profesores, estudiantes y padres de familia que participaron en la simulación en vivo (juego), mediante experimentos apoyados en el *software Visor de simulación* (Lince, 2009)¹⁰, aprecien los efectos que sobre la propagación de la epidemia tiene la prevención (p. e. medidas como lavarse las manos con frecuencia, cubrirse la boca al estornudar o toser, aislamiento parcial de enfermos...). Esta actividad promueve reflexiones y aprendizajes sobre la epidemia de la gripe y la importancia de las medidas de prevención; con el apoyo de la simulación. Se contestan preguntas de la forma: “¿Qué podría suceder si...?”, para luego reflexionar sobre por qué sucede lo que se aprecia con la simulación.

Ilustración 1. Simulación de la propagación de la gripe A(H1N1)



El simulador nos presenta por medio de una gráfica dinámica (1) el comportamiento de la gripe en términos de la cantidad de personas enfermas, sanas e inmunes en cada momento, de un total de 100.

Para controlar la simulación contamos con cuatro botones (2), que nos permiten las siguientes acciones: iniciar, paso a paso, pausar y terminar.

Al realizar la simulación la mayoría de los sanos se contagian de la gripe y por tanto se enferman. Es posible

reducir la cantidad de los que se enferman aumentando las prevenciones de los sanos (3) y/o de los enfermos (4). Cada una de las barras, la de los enfermos y la de los sanos, representa el porcentaje de prevención de enfermos y sanos respectivamente.

¹⁰ Software que permite ejecutar una simulación e interactuar con ella por medio de animadores. El visor de simulación recibe un archivo de Evolución (Software de modelado y simulación con DS).

Actividades integradas con informática

El tutor presenta el concepto de clase integrada con la presencia de la informática. Cada profesor propone una clase desde su área y grado para aportar al conocimiento del fenómeno de una epidemia, en particular de la influenza A(H1N1). Igualmente el tutor socializa posibles propuestas de integración desde diferentes áreas y comenta las propuestas de los profesores. Cabe señalar que estas actividades se promueven acorde con el proyecto educativo que procura la integración del co-

nocimiento en la formación del educando (Andrade & L. C. Gómez, 2009, p. 65). Con esta propuesta se desea motivar al profesor para que, siendo consciente de su postura pedagógica, diseñe actividades escolares con el apoyo las TIC, seleccione los recursos informáticos apropiados y registre las experiencias de forma tal que le sea posible compartirlas con sus pares. Algunos de los productos de aprendizajes propuestos y esperados de esta integración se enuncian en la Tabla 1.

Tabla 1. Algunos productos de aprendizaje esperados

Humanidades	Texto descriptivo o ensayo relacionado con la evolución que ha tenido a nivel mundial este virus, utilizando como fuentes de información los medios masivos de comunicación.
Artística	Dibujos que permitan campañas de prevención utilizando diferentes técnicas.
Ciencias Naturales	Explicación de qué es un virus, su forma, su ciclo, clasificación biológica de los virus, preguntas de investigación acerca de cómo un ser tan pequeño puede impactar tanto, enfermedades del cuerpo humano, cuidados del medio ambiente, el concepto de sistema.
Ciencias Sociales	Escrito comparativo de los hábitos que, durante el transcurso del tiempo, su comunidad ha adquirido y que facilitan se desencadene una epidemia. Reflexión acerca de la pregunta: “¿Qué hacer frente a una epidemia?”.
Tecnología e informática	Los virus informáticos, modelado, uso de simuladores, búsquedas en Internet.
Educación física	Hábito y comida saludable para mantener las defensas del cuerpo. Expresión corporal de interrelación con los otros que se involucran en la situación particular.
Ética	Solidaridad hacia las personas enfermas. ¿Cuáles son las responsabilidades de un ser humano por pertenecer a una comunidad? ¿Cómo actuar frente a una epidemia? La prevención para el bien individual y el bien social?
Inglés	Vocabulario o conversaciones pequeñas en inglés relacionadas con la temática del virus de la gripe.
Matemáticas	Conteo, gráficas en el plano cartesiano, trayectorias temporales, tablas de frecuencia, unidades de conversión (tamaño del virus y comparaciones).

Comprensión del papel de la prevención mediante el modelado y la simulación

Cómo se señaló con anterioridad, el juego no contempla la prevención pero, después de realizado, se motiva el desarrollo de un modelo mental, resultado de comprender, con el juego como referente, el fenómeno de la gripe y la prevención. Para esto se utiliza un documento donde implícitamente aparece el modelo que rige la simulación (Andrade et al., s.f.). La presentación explícita del modelo¹¹ la hacen los tutores al

grupo líder de cada sede, en un segundo momento, como parte de su formación en MS. Esto se hace para poder orientar actividades escolares con conocimiento explícito del modelo; para reconocer que, entre mayor es el conocimiento del modelo, mayor es la comprensión del fenómeno y mayores son las posibilidades de experimentación simulada; y para comprender a profundidad el porqué de los resultados que se observan.

11 En términos de una secuencia de modelos de DS o de MBOR, que van desde el modelo del juego hasta el de la gripe con prevención.

Consultar el documento *Aprendiendo dinámica de sistemas y con dinámica de sistemas*, disponible en http://simon.uis.edu.co/redescuela/actividades/actividades_index_u.php

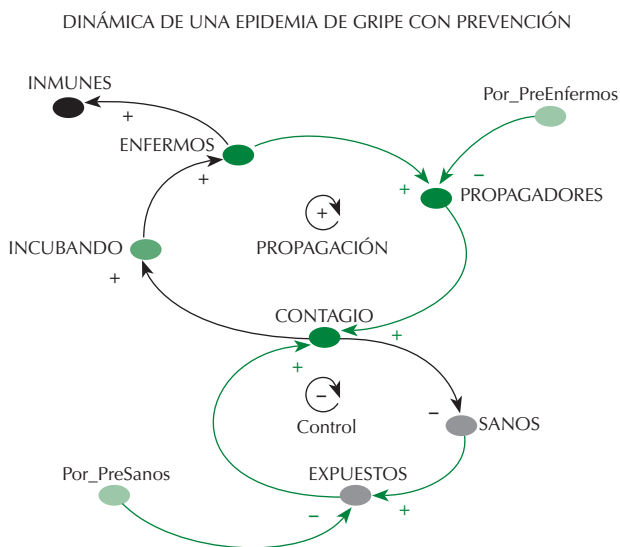
Los intereses de una comunidad y de cada uno de sus miembros deben ser evitar que la gripe se propague y lograr que termine su presencia pronto. Para esto, entender cómo y por qué prevenir el contagio del virus es fundamental. Mediante los programas Evolución (Cuellar & Lince, 2003) y Homos (Duarte & Lozano, 1998), los cuales soportan los modelos detrás de cada simulador, se explica por qué es importante la prevención y por qué mantenerla durante determinado tiempo. Cabe aclarar que el propósito del tutor es lograr la comprensión del modelo y la interacción con el mismo, es decir, formar usuarios conscientes del modelo que recrea el fenómeno en consideración (explicación científica del fenómeno).

Síntesis de la explicación mediante un Modelo en DS

El contagio depende de la cantidad de sanos que se puedan contagiar y de los enfermos que puedan propagar la enfermedad (contagiar a otros). En el juego se asume que todos los sanos se pueden contagiar y que todos los enfermos contagian, es decir, ninguno previene.

Si un porcentaje de sanos evita el contagio (toma medidas de prevención) disminuirá la cantidad de sanos que se expone y por consiguiente disminuirá el contagio (Ilustración 2). Asimismo, si un porcentaje de enfermos evita contagiar a otros, serán menos los propagadores de la enfermedad y disminuirá el contagio. Es decir, la prevención de los sanos y de los enfermos disminuye el contagio.

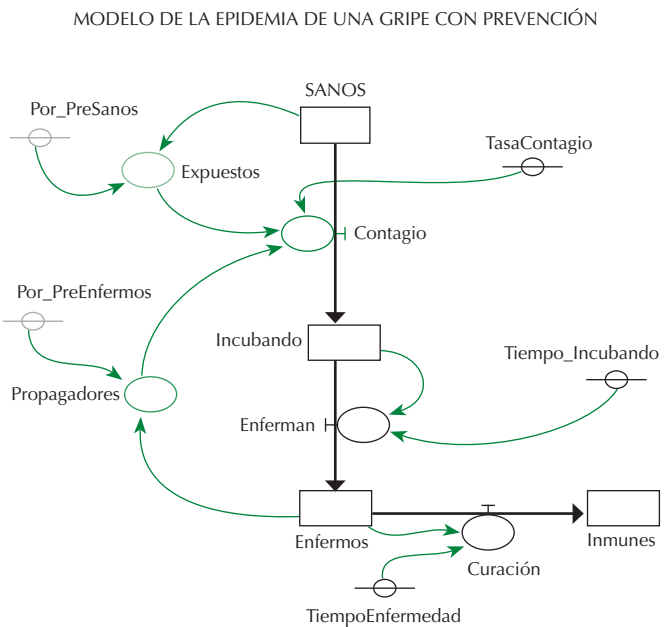
Ilustración 2. Diagrama de influencias del modelo de la gripe con prevención



La explicación de la dinámica de la gripe con prevención que se presenta en términos del diagrama de influencias (Ilustración 2), se formula en términos del diagrama de flujo-nivel¹² (Ilustración 3).

La prevención de los sanos se aprecia en los dos diagramas (Ilustración 2 e Ilustración 3) en términos del porcentaje de sanos que previenen (Por_PreSanos). Este porcentaje permite calcular la población sana que se expone al contagio (Expuestos). Los expuestos son una fracción de los sanos. De manera similar se representa la prevención de los enfermos mediante su porcentaje de prevención (Por_PreEnfermos), parámetro para calcular la cantidad de personas enfermas que propagan el virus.

Ilustración 3. Diagrama de flujo nivel del modelo con prevención



Experimento 1. ¿Qué sucede en la propagación de la enfermedad frente a diferentes porcentajes de prevención de los sanos?

Para este experimento es útil el análisis de sensibilidad por parámetros¹³. Mediante esta técnica se puede apreciar el efecto de modificar los valores para un parámetro, en este caso, el porcentaje de prevención

12 Estos diagramas tienen un carácter gráfico y permiten apreciar visualmente la estructura causal del fenómeno con sus ciclos de realimentación.

13 El programa Evolución ofrece herramientas para realizar análisis de sensibilidad por parámetros o por escenarios.



María de la Paz Jaramillo » Serie Bailando por un sueño. N.º 2 » Acrílico/tela » 50 x 50 cm

de los sanos (Por_PreSanos). Para este análisis se asume un escenario base, un criterio para modificar el parámetro seleccionado y una variable en la cual apreciar el efecto.

Escenario base:

Se asume una población confinada en un área en la cual todos tienen contactos entre sí y,

Sanos inicialmente:	Sanos (0) = 29	Personas
Incubando inicialmente:	Incubando(0) = 0	Personas
Enfermos inicialmente:	Enfermos (0) = 3	Personas
Inmunes inicialmente:	Inmunes(0) = 0	Personas
Tasa de Contagio:	TasaContagio = 0.035	1/día
Tiempo promedio de incubación:	TiempoIncubacion = 7	Días
Tiempo promedio de la enfermedad:	TiempoEnfermedad = 5	Días
Porcentaje de prevención de los sanos:	Por_PreSanos = 0 %	Por ciento
Porcentaje de prevención de los enfermos:	Por_PreEnfermos = 10 %	Por ciento

$\Delta t = 1$ día,

Tiempo inicial = 0; Tiempo Final = 150 días

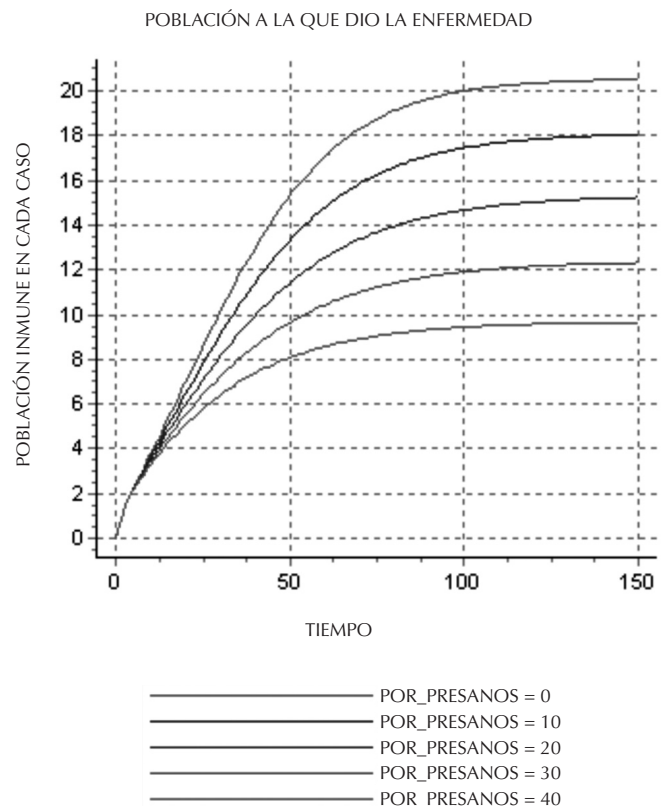
Para el análisis de sensibilidad:

Parámetro a modificar:	Por_PreSanos
Criterio de modificación:	Incremento de 10 para cada corrida de simulación (10%)
Número de incrementos:	4
Variable a observar:	Población Inmune

La variable que se ha seleccionado es la población inmune porque en este modelo dicha población se acumula en el tiempo y al final de la epidemia nos muestra cuantas personas sufrieron la enfermedad.

La Ilustración 4 da cuenta del resultado del análisis de sensibilidad y señala lo que, según este modelo, puede suceder si se modifica en el escenario el porcentaje de prevención de los sanos. Como intuitivamente lo podemos haber imaginado, a mayor porcentaje de prevención, menor es la cantidad de personas que se contagian y enferman.

Ilustración 4. Análisis de sensibilidad a la prevención de los sanos



Este análisis de sensibilidad nos muestra cosas menos evidentes como el hecho de que a mayor prevención más rápidamente terminará la epidemia.

Algo que no nos dice la gráfica seleccionada es el porqué de lo que nos muestra. Para encontrar respuesta debemos comprender la explicación que recrea el modelo y tener presente el escenario y la modificación del mismo al variar el parámetro seleccionado.

Si comparamos dos de los casos de análisis de sensibilidad, asumiendo uno como referente y siguiendo el diagrama de influencias (Ilustración 2), podemos afirmar que, si se incrementa el Por_preSanos, disminuyen los Expuestos e inmediatamente disminuye el contagio, luego disminuirán los que están en incubación, más tarde habrán menos enfermos y finalmente, para cerrar el ciclo, con menos enfermos se presentará menos contagio del que se habría presentado si no se hubiera aplicado el incremento en la prevención. Lo anterior señala que una acción de incremento en la prevención de los sanos, tiene un doble efecto de disminución del contagio: uno inmediato debido a que menos población se expone al virus y otro pasado un tiempo debido a que, por el mismo motivo, disminuyen los propagadores.

La anterior explicación da cuenta de porqué al incrementar la prevención disminuye el contagio y por consiguiente las personas que se enferman. Pero alguien podría decir que lo que ha sucedido es que las personas se van contagiado más lentamente pero que al final todos se contagiarán, como en el caso de cero prevención de los sanos. Esa afirmación la podemos refutar de varias maneras, dos de estas pueden ser:

1. De forma experimental. Si dejamos correr la simulación por un largo período de tiempo, notaremos que llega un momento en el que se logra plena estabilidad en el estado del sistema, es decir, un momento en el cual la epidemia desaparece plenamente, ya nadie se contagia, no hay quien contagie. El estado final de plena estabilidad será sanos ≥ 0 , Incubando = 0, enfermos = 0 e Inmunes = el total de la población - Sanos.
2. Con el diagrama de flujo-nivel (Ilustración 3). Al disminuir los expuestos, por la disminución de los sanos y el incremento en la tasa de prevención de los sanos, el contagio disminuirá. Así disminuye la entrada al estado de incubando y esto lleva a que más rápidamente (más de lo que habría sucedido si

no hay el incremento en la prevención) llegue el momento en el cual empiece a disminuir la cantidad de personas incubando. Al disminuir las personas incubando igualmente disminuye la entrada a enfermos y los enfermos igualmente tienden más rápidamente a cero. Esta disminución refuerza la disminución del contagio y con ello de todo el proceso. Lo anterior implica que más sanos quedarán sin contagiarse porque la epidemia terminará en menos tiempo y esto sucederá más rápidamente entre más prevención se realice. Esto mismo se aprecia en la Ilustración 4, si se observa que entre más prevención más pronto el nivel de inmunes llega a su régimen estable, lo cual indica que ha terminado la epidemia.

Experimento 2. ¿Qué sucede si suspendemos la prevención aún con la presencia de enfermos?

Para este experimento se asume el escenario base del anterior análisis, con las siguientes modificaciones:

Porcentaje de prevención de los sanos:	Por_PreSanos = 10 %	Por ciento.
Porcentaje de prevención de los enfermos:	Por_PreEnfermos = 30 %	Por ciento.

Se desarrollan 6 simulaciones cuyos resultados se aprecian en la Ilustración 5, así:

El porcentaje de prevención de los sanos se mantiene durante todo el tiempo de simulación.

El porcentaje de prevención de los enfermos se suspende:

A los 10 días.

A los 48 días.

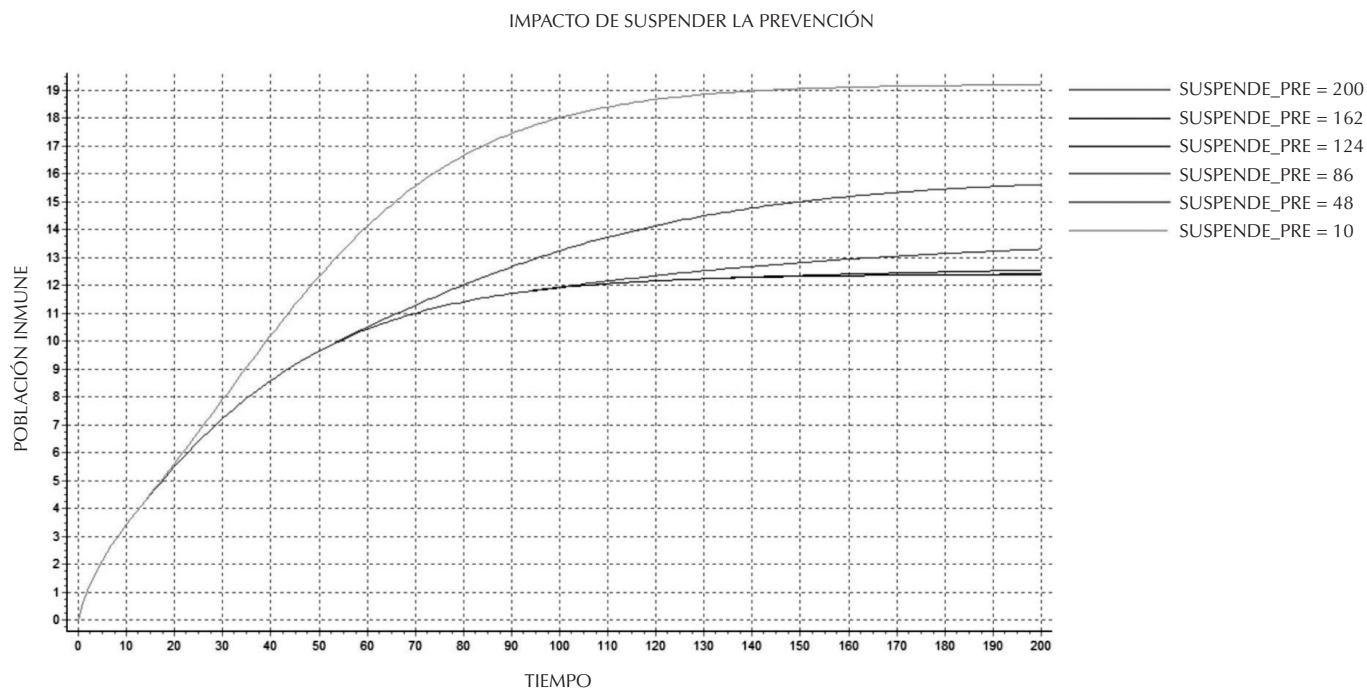
A los 86 días.

A los 124 días.

A los 162 días.

A los 200 días.

Ilustración 5. ¿Cuánto tiempo hay que mantener la prevención?



El análisis del resultado del experimento, expresado en la Ilustración 5, permite responder la pregunta que ha motivado el experimento. Dependiendo del tiempo que se mantenga la medida de prevención, así será el impacto. Es decir no sólo hay que tomar medidas de prevención en el momento oportuno y con cierta intensidad, sino que además hay que mantener la prevención el tiempo apropiado para el logro del objetivo. En este experimento apreciamos que mantener la prevención de los enfermos durante un periodo de 80 días es suficiente para lograr el máximo impacto posible con ese porcentaje de prevención (evitando aproximadamente el 50% de contagio). Suspender la prevención alrededor de los 48 días implica que solo se logre la mitad del impacto máximo posible y suspender la prevención a los 10 días es como no hacer prevención.

En conclusión este experimento ilustra el hecho de que hay que contemplar tanto la intensidad como el tiempo de aplicación de las medidas de prevención y ayuda a comprender mejor lo que es y significa prevención en un fenómeno como la gripe. En este caso hipotético, la prevención debe mantenerse alrededor de 100 días y retirarla antes puede conllevar a la pérdida de los esfuerzos invertidos.

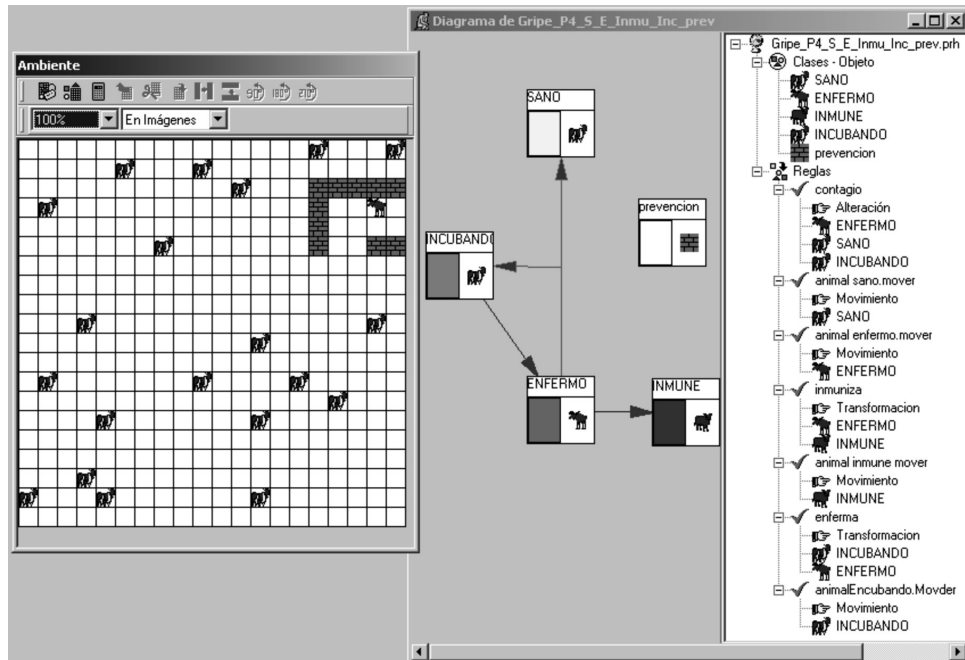
Explicación mediante un modelo con MBOR en Homos 1.0

El Modelado Basado en Objetos y Reglas (MBOR) constituye otra alternativa de modelado estructural para la construcción y la representación de la explicación de cómo sucede la propagación de la gripe A(H1N1). Esta explicación se formaliza en un lenguaje más cercano al lenguaje natural que la DS. Esto la hace más apropiada para motivar procesos de construcción de conocimiento con los niños desde el nivel de preescolar.

La Ilustración 6 sintetiza el ambiente de simulación y el modelo en MBOR con el uso del *software* Homos 1.0 (Andrade, Duarte, & Lozano, 2000). En el ambiente se simula el fenómeno de propagación de la gripe en la medida que los objetos actúan e interactúan dinámicamente. De esa manera van apareciendo las diferentes clases de objetos: sanos, incubando, enfermos e inmunes, en una dinámica de transformaciones hasta un estado final en el cual se aprecia que la epidemia termina.

Igualmente la Ilustración 6 muestra las clases de objetos que interviene en el modelo, sus relaciones y las reglas que rigen la dinámica propia de cada objeto y sus interacciones con los demás.

Ilustración 6. Modelo de simulación con MBOR



La proyección institucional

Después que el tutor promueve y realiza las actividades de la etapa de acercamiento, orienta a los participantes a que, con el conocimiento construido, digan cómo podría la sede educativa proponer y liderar un proyecto para que la comunidad de su entorno aprenda a prevenir una epidemia.

Además, desde CPE-UIS, se proponen las siguientes actividades para dinamizar el proyecto en cada sede.

- Para los profesores seleccionados de cada sede Replicar el juego con los demás profesores.
- Planeación y ejecución de una clase integrada con sus estudiantes, contemplando la realización del juego y el uso de simuladores.
- Planeación y ejecución de una clase integrada usando uno de los modelos.

Para los demás profesores de cada sede:

- Actividades varias que contribuyan al aprendizaje sobre la epidemia y las medidas de prevención.
- Realización del juego de la epidemia con sus estudiantes y/o uso de simuladores.

Realizadas las actividades, los profesores tienen la posibilidad de socializar sus experiencias a través de

RedEscuela¹⁴. Allí está disponible un proyecto colaborativo que motiva y pone a disposición de toda la comunidad educativa los recursos para apoyar el desarrollo de las actividades. Dispone además de un foro donde se pueden formular sugerencias, inquietudes y comentarios sobre el proyecto, que serán respondidas por los tutores u orientadores del grupo SIMON o por profesores de otras sedes educativas¹⁵.

Resultados

Cumplida la primera etapa de orientación individual, el proyecto cubre 511 sedes educativas de 116 municipios¹⁶, con 7404 participantes directos.

Para el seguimiento y la evaluación cada tutor, al finalizar la fase de acercamiento en las sedes a su cargo, reporta el desarrollo de la actividad mediante el formato de registro (Tabla 2) y las tareas acordadas con cada sede educativa.

¹⁴ Red escolar telemática TIC, que apoya la EFA orientada por la UIS en convenio con CPE.

¹⁵ Disponible en http://simon.uis.edu.co/redescuela/actividades/actividades_index_u.php

¹⁶ De los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, La Guajira, Magdalena y Norte de Santander.

Tabla 2. Registro de actividades de los tutores

SEGUIMIENTO TUTORES						
Proyecto de prevención Frente al Virus de la influenza A(H1N1)						
NOMBRE TUTOR						
Fecha	Municipio	Sede educativa	No. Participantes	Recursos Utilizados	Inconvenientes	Sugerencias

AL FINALIZAR TODAS LAS ACTIVIDADES EN LAS SEDES EDUCATIVAS REFLEXIONE Y ANOTE AQUÍ LAS CONCLUSIONES, INQUIETUDES Y OBSERVACIONES GENERALES DE SU EXPERIENCIA COMO TUTOR DESARROLLANDO ESTA ACTIVIDAD.

La etapa de proyección institucional está siendo ejecutada y evaluada. Para hacer seguimiento de las

actividades que se desarrollan, los profesores registran la ejecución de las actividades en el siguiente formato:

Tabla 3. Registro actividades de los profesores

REGISTRO DE ACTIVIDADES						
Proyecto de prevención Frente al Virus de la influenza A(H1N1)						
Sede Educativa				Nombre Profesor		
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD				GRADO	No. PARTICIPANTES	
TEMÁTICA						
PARTICIPANTES EN LA ACTIVIDAD (Estudiantes, Profesores, Directivos, Padres de Familia)	E	P	D	PF	ÁREAS INTEGRADAS	
PRESENTE DE MANERA GENERAL EL PROYECTO QUE LA SEDE EDUCATIVA PROMUEVE ASOCIADO A LA PREVENCIÓN DE LA GRIPE						
INCONVENIENTES EN EL DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA: <i>Explique los factores que constituyeron una restricción para el desarrollo de la actividad. Considere aspectos como tiempo para el desarrollo de la actividad, en qué momento de la experiencia se evidenció mayor dificultad para usted o para sus estudiantes, otros.</i>						
SUGERENCIAS PARA MEJORAR LA EXPERIENCIA: <i>Desde su labor docente qué sugerencias o estrategias tiene para mejorar el juego, la actividad integrada, los simuladores, otros aspectos que considere pertinentes para el proyecto.</i>						

Recopilada la información de los tutores, se destacan las siguientes apreciaciones:

- La propuesta de este proyecto la califican las comunidades escolares como muy oportuna y pertinente a la escuela.
- Este proyecto ha facilitado el acercamiento de profesores y estudiantes al modelado y simulación, en particular a la DS y al MBOR. El desarrollo de actividades lúdicas, el uso de simuladores, el desarrollo de actividades integradas y la socialización de

experiencias a través de la red, están facilitando la integración de este tipo de teorías tecnológicas para promover innovaciones educativas en la escuela.

- El juego como se propuso y el uso del simulador con DS no se consideran adecuados para los grados de preescolar, porque en estos grados todavía no se tiene la comprensión lectora y la capacidad de interpretar graficas XY. En estos casos se ha apreciado oportuno el uso de simuladores de MBOR.
- El proyecto y su propuesta de actividades integradas ha tenido gran acogida. Los profesores de áreas como

educación física, ética, ciencias sociales y español resaltaron la integración y han propuesto diversas estrategias para promover las actividades desde su área.

- Una barrera para el uso de simuladores es la poca capacidad de la comunidad para la elaboración y lectura de gráficas (XY) que describen el comportamiento de las variables de un fenómeno. La simulación en vivo del fenómeno (juego) ha aportado significativamente a superar esta barrera.

Conclusiones

- Hay un reconocimiento generalizado del aporte que la simulación en vivo (juego) y la simulación en el computador para facilitar y profundizando el aprendizaje.

Referencias

Andrade, H., Duarte, C., & Lozano, O. (2000). Paisajes dinámicos con Homos 1.0. *Revista de Enseñanza y Tecnología*, pp. 5-15.

Andrade, H., Dynner, I., Espinosa, Á., López, H., & Sotaquirá, R. (2001). *Pensamiento sistémico: diversidad en búsqueda de unidad*. Bucaramanga: Ediciones UIS.

Andrade, H., & Gómez, L. C. (2009). *Tecnología informática en la escuela* (4a. ed.). Bucaramanga: Ediciones UIS.

Andrade, H., & Maestre, G. (2008). Acompañamiento educativo en el proceso de apropiación de la Tecnología de la Información por comunidades colombianas. Proyecto Computadores para Educar. En *Noveno Congreso Iberoamericano de Informática Educativa*. Caracas.

Andrade, H., & Maestre, G. (2009). Estrategia de acercamiento e innovación para la integración de la tecnología de la información en la escuela: Proyecto computadores para educar, Colombia. Presented at the XIII Congreso de Informática en la Educación, La Habana.

Andrade, H., Maestre, G., & López, H. (s.f.). Aprendamos sobre la prevención de la influenza A(H1N1) con juegos y simuladores. Recuperado Agosto 29, 2009, a partir de <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/home/1592/article-192194.html>

Boohan, R. (1992). WorldMaker: an object-based approach to computer modelling. En *Memorias de la Conferencia Europea acerca de la tecnología de información en la educación*. España: Universidad de Barcelona.

Cuellar, M., & Lince, E. (2003). *Evolución 3.5 Herramienta software para el modelado y simulación con dinámica de sistemas*

- La reflexión acerca de cómo acciones individuales inciden en la dinámica de este fenómeno genera aprendizajes para asumirlo individual y colectivamente y genera la conciencia de que la responsabilidad en este tema es asunto de todos.
- Aunque el proyecto se encuentra en ejecución, lo ya desarrollado por los profesores de las sedes educativas está generando aprendizajes que contribuyen al diseño de dos nuevos proyectos de este tipo.
- La diversidad en términos de actividades lúdicas, uso del computador, clases integradas y socialización de experiencias a través de redes escolares, ha ampliado y motivado la participación de los profesores.
- El modelo mental de los profesores, que relaciona la matemática con las operaciones pero no con la construcción de explicaciones científicas sobre fenómenos de interés, genera temores con el modelado y simulación.

(Software desarrollado por el Grupo SIMON). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Recuperado a partir de <http://simon.uis.edu.co/WebSIMON/software/indsof.htm>

Duarte, C., & Lozano, O. (1998). *Homos 1.0: herramienta software para el modelamiento y simulación basado en objetos y reglas*. Bucaramanga: UIS. Recuperado a partir de <http://simon.uis.edu.co/WebSIMON/software/indsof.htm>

Forrester, J. (1992). *System Dynamics and Learner-Centered-Learning in Kindergarten through 12th Grade Education*. Road Maps: A Guide to Learning System Dynamics (MIT., Vols. 1-10, Vol. 1). Massachusetts: System Dynamics Society.

Gómez, M. (2007). *Propuesta informática para la educación soportada en el modelado basado en objetos y reglas* (Trabajo de investigación). Maestría en Ingenierías. Universidad Industrial de Santander.

Lince, E. (2009). *Visor de Simulaciones*. Programa informático.

Ministerio de Educación Nacional. (2009). ¿Qué se está haciendo para atacar al virus A(H1N1)? *Colombia aprende: la red del conocimiento*. Recuperado Agosto 1, 2009, a partir de http://www.colombiaaprende.edu.co/html/home/1592/article-189789.html#h2_3

Navas, X. (2006). *Propuesta informática para la educación en el cambio, basada en ambientes de modelado y simulación: un enfoque sistémico* (Trabajo de investigación). Maestría en Ingenierías. Universidad Industrial de Santander.

Diálogo del conocimiento

Dentro del contexto del convenio entre la Universidad Industrial de Santander y Computadores para Educar, en la ejecución de la Fase de Profundización que se desarrolla con el ánimo de impulsar la apropiación e incorporación de las TIC a las prácticas pedagógicas de las escuelas del Estado, con un énfasis especial en las instituciones rurales, se presenta este proyecto escolar, “Prevención frente al virus de la influenza AH1N1”, realizado por el grupo SIMON. Es a este proyecto, entonces, al que se hace referencia en el presente texto.

Este es un proyecto escolar, que por medio del modelado y la simulación impacta en 511 sedes, “con el objeto de promover un proceso de integración de las TIC a su proyecto educativo”; y si bien al parecer es la propuesta que se realizó durante el convenio de 2009 para las sedes que son su responsabilidad, es a su vez un modelo y simulación de proyecto escolar.

En este caso, el problema es sugerido por los Ministerios de Educación y Protección Social, quienes a partir de la “preocupación por dar a conocer a las comunidades toda la información acerca del virus y las medidas de prevención para contrarrestar su expansión, han orientado que en las sedes educativas y su entorno social se promuevan actividades con este propósito”. La relación entre las actividades pedagógicas y las TIC, gira alrededor de un *software*, que está en capacidad de simular el comportamiento de una epidemia, la AH1N1, a partir de representar el impacto de la epidemia en la salud de las personas, por medio de gráficas y curvas en un plano cartesiano, con la posibilidad de aumentar o disminuir las variables que inciden en la propagación de la enfermedad. Por medio de una simulación; primero, un juego sin artefactos y, luego, con los docentes como usuarios del *software*, se estimula a que los educadores desarrollen actividades con sus estudiantes desde su campo disciplinar, que se relacionen con los virus y su prevención. Al parecer, según el artículo en el que esta experiencia es presentada, la presencia de las TIC en las actividades que desarrollaran los estudiantes, podrían encontrarse en la utilización del *Office* (procesador de texto y hojas de cálculo), y la búsqueda de información por Internet.

Como simulación de proyecto, se tiene en cuenta que se parte de una problemática a resolver, ello puede mostrarle a los docentes, que a partir de los conflictos, dudas o problemas que se les presente en su quehacer pedagógico de manera interdisciplinar y colaborativa, pueden desarrollar proyectos de aula que conduzcan a solucionar estos asuntos. Ahora bien, como los docentes ya han visto cómo a partir de un tema esto se puede realizar, resultaría positivo para el desarrollo del quehacer docente y la construcción de conocimiento, que estos conflictos no sean propuestos por la institucionalidad, sea esta la que fuere, sino desde la vivencia presencial de docentes y estudiantes. Ello tendría la dificultad que no todos los proyectos de aula fueran iguales, pero tendría la ventaja que surgirían de la práctica pedagógica de los docentes y el rol investigativo de los estudiantes.

Ahora bien, como el problema planteado surgiría de los docentes y el ánimo investigador de los estudiantes, se tendría que el desarrollo de las competencias de las diferentes disciplinas, se centrarían de manera más visible en la solución de sus inquietudes y la necesidad de lo colaborativo sería más visible, por ejemplo, para relacionar el hacer deporte para estar sanos, con el mantenimiento de un computador, ambos frente al riesgo de sus respectivos virus, si el problema fuera la construcción del concepto de “prevención”.

Cuando se le presenta a los docentes y estudiantes, y en general a la comunidad educativa diferentes posibilidades tecnológicas, y se permite fluir a los mismos dentro de su rol en el proceso educativo, pueden llegar a ser sorprendentes los resultados, no solamente en la calidad de productos desarrollados con la tecnología, sino en la actitud y la posibilidad de cuestionamiento de roles que conviven con el ejercicio de la construcción de conocimiento en las escuelas.

Raúl Plazas Galindo