

MODELACIÓN EN FÍSICA CON GEOGEBRA

Juan Guillermo Toro Martínez

jtoro@ccbenv.edu.co

Colegio Colombo Británico, Envigado, Colombia

Núcleo temático: Matemáticas y su integración con otras áreas

Modalidad: CB

Nivel educativo: Terciario o Bachillerato

Palabras clave: física, Geogebra, modelación, aprendizaje significativo

Resumen

El papel de Geogebra en la educación se ha expandido hacia áreas en las que, inicialmente, no se había pensado, como las ciencias naturales, en donde aparecen constantemente nuevas investigaciones y aplicaciones. En este reporte nos interesa considerar, específicamente, el papel cada vez más relevante de Geogebra en la enseñanza de la física. En esta ciencia, tradicionalmente Geogebra se ha empleado como simulador de procesos físicos, emulando el comportamiento de un fenómeno. El formato educativo tradicional ha llevado a los docentes a usar Geogebra para analizar el comportamiento de algunas variables físicas, proponiendo a los estudiantes interactuar con una simulación construida previamente por el profesor o por algún investigador ajeno a la institución educativa. En la experiencia de aula que presentamos pretendemos ir más allá: explorar metodologías basadas en la modelación y proponer unas actividades en la que sean los mismos estudiantes quienes diseñen, construyan con el auxilio de Geogebra y evalúen los modelos matemáticos de los procesos físicos objeto de estudio. Se espera que al seguir este proceso de modelación desarrollen una forma científica de razonar y que el aprendizaje tenga lugar tanto en el diseño y la construcción del modelo como en su uso y evaluación.

Introducción.

Contrario a lo que cabría esperar, la enseñanza de las ciencias naturales, como en el caso de otras áreas del conocimiento, continúa haciendo énfasis en la transmisión de conocimiento a pesar, incluso, de la gran cantidad de recursos económicos y humanos que los estados, corporaciones y la empresa privada han invertido en el uso de nuevas tecnologías y didácticas novedosas en la escuela. Esta situación ha conducido a que la escuela entregue a la sociedad jóvenes que, en un número significativo, carecen de las competencias que se esperan para los ciudadanos del siglo XXI, como tanto ha resaltado la Unesco en varios de sus informes.

Desde esta perspectiva, es claro que es necesario intervenir el currículo de las ciencias naturales, en general, y de la física, en particular. Como pregonan Derek Hodson y otros investigadores, es hora de promover una educación científica que permita a los estudiantes desarrollar una comprensión más amplia, profunda y crítica de la naturaleza, del rol del hombre en su interacción con ella y del uso -y sus consecuencias -de la tecnología (Hodson, 2003).

Sin duda, el cambio en el currículo no debe ser sólo en los contenidos, sino que debe incluir nuevos enfoques metodológicos que consideren, en el caso de la física, la comprensión de los conceptos científicos y su papel en el desarrollo de la civilización, además de dotar de sentido el uso de las matemáticas en su relación con la ciencia.

Es, justamente, en este último punto – la relación entre la física y las matemáticas en la enseñanza -en donde creemos que el desarrollo de actividades de modelación por parte de los alumnos puede ser muy útil. De acuerdo con algunos investigadores, los modelos, como instrumentos mediadores, permiten que el aprendizaje se presente en dos momentos: primero, cuando el alumno crea el modelo, pues se enfrenta a la tarea de imaginar y crear una estructura representativa, permitiéndole desarrollar una manera científica de pensar; y luego, cuando el estudiante usa el modelo, aprende una vez más, esta vez sobre el fenómeno que el modelo representa (Justi, 2006).

Objetivo.

Estudiar el impacto que produce en el aprendizaje el diseño, construcción y evaluación de actividades de modelación matemática por parte de los estudiantes, en el área de física, con el uso de Geogebra como mediador didáctico.

Marco teórico.

Entre los muchos problemas con los que nos encontramos en la enseñanza de la física, uno de los más evidentes se encuentra en el hecho de que el modelo conceptual matemático que usamos en la escuela está “vacío” de significado para los estudiantes. En la enseñanza tradicional, la mente de los alumnos no tiene muchas oportunidades de hacer la conexión entre las ecuaciones del modelo matemático que les ha presentado el profesor con la realidad que representan, por ejemplo, en la resolución de problemas. Como profesores de física, nos encontramos en la muy común situación de que los estudiantes reducen su actividad en la resolución de problemas a “buscar la fórmula” que mejor se adapte a los datos del problema

en cuestión, sin preocuparse por comprender cuáles son las relaciones causales entre el fenómeno objeto de estudio y las herramientas matemáticas que pretende utilizar para resolver el problema presentado.

Desde las teorías cognitivas, los investigadores creen que los modelos pueden ser importantes para el logro de la comprensión conceptual en la ciencia a un nivel que va más allá de los hechos, las ecuaciones o los procedimientos memorizados. Se espera que tales comprensiones no sólo conduzcan a una percepción del estudiante de que la ciencia puede tener sentido por medio de las explicaciones satisfactorias, sino también incorporar una forma de conocimiento flexible que se pueda aplicar a la transferencia del conocimiento mediante problemas (Clement, 2000).

Varias publicaciones sobre la enseñanza de la física apuntan a la necesidad de involucrar a los estudiantes en su proceso de aprendizaje, dándoles la oportunidad de desarrollar las habilidades asociadas con el proceso de investigación científica. Como apunta Justi (2009), modelar es uno de los procesos esenciales en la producción, validación y diseminación del conocimiento científico. Detrás de esta idea, muchos investigadores han enfatizado la importancia de una enseñanza de las ciencias basada en modelos como una forma de estimular la comprensión científica.

Varios enfoques se han propuesto para ofrecer a los estudiantes oportunidades de modelar situaciones físicas a través de diferentes mediadores didácticos tecnológicos, los cuales, de una u otra manera, les permiten a los estudiantes crear sus propios modelos, de forma que se involucren en su diseño y modificación con el propósito de comprender el fenómeno. El objetivo más importante es lograr que los estudiantes se comprometan en la comprensión del mundo físico construyendo, usando o escogiendo modelos que describan, expliquen, predigan y controlen fenómenos físicos. (Ornek, 2008).

Aunque muchos opinan que no hay unas reglas generales, ni estandarizadas, para la construcción de modelos, y que es más un asunto de creatividad, varios autores, entre ellos Rosaría Justi (2006), basada en Clement (2000), presentan un modelo cognitivo para el proceso de construcción de modelos.

Aunque no es una receta, ni podría serla, en su forma más simple, el proceso propuesto por Justi sigue los siguientes pasos:

1. Definición de un objetivo. Es natural que las personas involucradas en la creación de un modelo deban definir un objetivo, que les permitan buscar observaciones iniciales sobre lo que se pretende modelar.
2. Selección de los elementos de la realidad que se van a usar. La descripción de un fenómeno puede ser muy compleja. Es una tarea del modelador seleccionar los aspectos más relevantes que usará para describir el objeto a modelar, por ejemplo, recursos matemáticos.
3. Modelo mental inicial. Aquí entran en juego la creatividad y el razonamiento crítico de quien modela. En el caso de nuestra experiencia, es una etapa que, generalmente, hicimos cooperativamente entre todos los alumnos del grupo.
4. Forma de representación. Existen diversas formas de representar el fenómeno (concreta, visual, verbal, matemática, computacional); es la etapa en la que se elige cómo lucirá el modelo. En nuestro caso, la representación estaba determinada por la herramienta utilizada.
5. Elaboración del modelo. En esta etapa se concreta, en la representación elegida, el modelo mental del paso 3.
6. Comprobación del modelo. Etapa final de ajustes, en la que se analiza que tan cerca está el modelo definitivo en referencia al modelo mental inicial. Es etapa propicia para “jugar” con el modelo y ver qué tan bien representa el fenómeno en estudio. También es una etapa que presenta al estudiante la oportunidad no sólo de ver las respuestas que ofrece el modelo sobre el fenómeno sino, frecuentemente, para proponer nuevas preguntas.

Hay antecedentes significativos del uso de Geogebra como herramienta didáctica que permite la modelación de fenómenos físicos, dada su capacidad para representar funciones de todo tipo, lo cual le proporciona a esta aplicación una excelente oportunidad para representar modelos de la física mediante la construcción de escenarios apropiados con el uso de deslizadores. Sin embargo, en todos los casos que hemos documentado, el trabajo de los alumnos con Geogebra se ha reducido a utilizar un modelo previamente construido por otros. Nos parece que Geogebra presenta grandes posibilidades para proponer actividades de modelación con el estudiante en el rol central de creador de modelos matemáticos, no sólo como su usuario. En otras palabras, creemos que Geogebra es la herramienta de mediación

didáctica apropiada para que los alumnos aprendan a modelar fenómenos físicos. Con ella, el alumno tendrá la facilidad de representar apropiadamente el modelo mental que haya diseñado previamente, observar qué cambios se producen mediante la modificación de variables y deducir el significado físico de esos cambios (Carrillo de Albornoz, 2012).

Metodología.

Tomada la decisión de realizar esta experiencia en el Colegio Colombo Británico, en Envigado, Colombia, donde el investigador es docente de física, se eligió como muestra uno de los cuatro grupos del grado décimo para iniciar la investigación. La decisión de qué grupo elegir se tomó de común acuerdo con el coordinador académico del colegio. El criterio usado para esta selección se basó en la pretensión de realizar la experiencia con un grupo que estuviera bien dispuesto para el trabajo curricular. El grupo elegido, 10C (hoy 11C) consta de 28 estudiantes, 18 hombres y 10 mujeres.

En el caso de esta propuesta, dado que en nuestro país no existe una cultura escolar extendida en el uso de Geogebra, fue necesario incluir, inicialmente, la preparación de los estudiantes en el uso de la aplicación durante dos meses (octubre, noviembre de 2016), limitándonos a los aspectos de la herramienta necesarios para llevar a cabo modelaciones. Durante esa primera etapa se desarrollaron tres sesiones en una de las aulas de informática del colegio, en donde se contaba con un ordenador con acceso a internet por estudiante. Cada una de esas sesiones presentó, primero, un tema sobre Geogebra y, luego, les ofreció un taller en el que practicaron con la aplicación el tema explicado. Los temas específicos de las tres sesiones iniciales fueron:

Sesión 1. Descubrimiento de la aplicación. Se les dio a conocer Geogebra (la cual conocían sólo gracias a su uso por el profesor de Geometría en el mismo año lectivo). La práctica planteada a los estudiantes fue la de reconocimiento de las herramientas de la vista gráfica.

Sesión 2. Uso de deslizadores. Se les dio a conocer este recurso fundamental de Geogebra. La práctica que se desarrolló fue sobre el uso de deslizadores para graficar y manipular una función cuadrática.

Sesión 3. Parámetros de una ecuación lineal. Práctica sobre la pendiente de una función lineal.

A partir de enero de 2017 se comenzó el trabajo de creación de modelos con el grupo (ya en el grado undécimo, último de la educación media del sistema escolar colombiano). Para

avanzar en la propuesta, se ha avanzado en la creación de las unidades didácticas necesarias. Como ya señalamos, existen diferentes metodologías de uso de modelos en la enseñanza de las ciencias naturales. Para esta experiencia de aula nos decidimos por la propuesta de Rosaría Justi, en una de cuyas versiones dividimos el proceso en las seis etapas que identificamos anteriormente (Justi, 2006, pág. 180). Las unidades que se han elaborado (ver anexo 1 para un ejemplo) procuran seguir estas etapas. Por la edad de los estudiantes con quienes se lleva a cabo la experiencia quienes carecen, a ojos de muchos investigadores, de la madurez intelectual necesaria (opinión que compartimos parcialmente) para un ejercicio de modelación completamente autónomo se decidió ir aumentando gradualmente la autonomía de los jóvenes en la realización de las actividades de modelación propuestas en las unidades didácticas. A modo de ilustración, la etapa 5, de elaboración del modelo gráfico, inicialmente se hizo mediante una actividad completamente guiada por el docente, en el que cada paso era validado hasta alcanzar un modelo definitivo. A medida que van avanzando en la experimentación con las unidades didácticas, este paso se ha ido liberando, hasta deshacerse, al momento de escribir esta ponencia, de la opinión del docente quien sólo tangencialmente aporta a la discusión.

Las unidades didácticas elaboradas y llevadas a la práctica con los estudiantes hasta el momento son las siguientes:

- **Modelación Cinemática.** Ecuaciones del movimiento de una partícula en movimiento uniformemente acelerado. Se decidió comenzar la experiencia de modelación con un tema ya desarrollado por los estudiantes en la asignatura de física durante el año lectivo anterior.
- **Modelación Proceso isocórico.** Esta unidad corresponde ya a uno de los temas que están desarrollando en la asignatura durante el presente año lectivo (termodinámica, primer período).
- **Modelación Movimiento armónico simple.** Corresponde al segundo período del año lectivo actual. Se les pide modelar el movimiento armónico simple de una partícula, tema previo a movimiento ondulatorio.
- **Modelación Diferencia de fase.** Basándose en la unidad anterior y acudiendo a sus conocimientos previos de funciones trigonométricas se les pide a los alumnos

modelar el movimiento armónico simple de dos partículas desfasadas en su movimiento.

- **Modelación Hacer una onda.** En esta actividad se les pide extender el movimiento armónico simple de una partícula a varias partículas para modelar el movimiento de una onda transversal.

Esperamos continuar la elaboración de las unidades didácticas durante todo el año lectivo que culmina en noviembre de 2017.

Resultados.

Probablemente es muy pronto para hablar de resultados. Las hipótesis que esperamos comprobar son las de que la creación de modelos por parte de los estudiantes les abre nuevas posibilidades para pensar como científicos y es una oportunidad para profundizar en el conocimiento, que la experiencia en modelación es una actividad que puede cambiar la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje de la física y que Geogebra es un mediador didáctico adecuado para lograr tal apropiación del conocimiento.

Sin embargo, durante la aplicación de las unidades didácticas realizadas hasta ahora con los estudiantes hay algunas observaciones que vale la pena mencionar y que esperamos evaluar mediante la aplicación de los instrumentos adecuados en el resto de la experiencia:

En primer lugar, percibimos diferencias individuales en la capacidad para proponer modelos, tanto mentales como gráficos, que tienen que ver con la autoestima de los estudiantes y, creemos, tienen relación con sus experiencias pasadas en la asignatura. Se está considerando el uso de entrevistas semiestructuradas para verificar esta hipótesis.

Nos ha parecido que los estudiantes muestran una actitud positiva hacia el aprendizaje de la física mediante actividades de modelación con Geogebra. Como una forma de evidenciarlo aplicamos un cuestionario sobre actitudes, el cual fue elaborado por el docente tomando elementos del cuestionario Me interesa tu opinión, de la investigadora María del Mar García para su tesis doctoral (García, 2011). El análisis del cuestionario aplicado arrojó los siguientes resultados, que muestran un perfil del grupo francamente favorable a la experiencia realizada (ver anexo 2 para conocer los resultados en detalle)

PREGUNTAS	% de acuerdo
El uso de Geogebra me ayuda a entender mejor los conceptos físicos	78,6
Construir un modelo me permite comprender la conexión entre las fórmulas que usamos en física y los conceptos	85,7
Crear modelos en Geogebra NO me ayuda a mejorar mi comprensión de la física	25,0
El uso de Geogebra no me ha motivado	25,0
Usando Geogebra he aprendido con mayor rapidez	60,7
Usando Geogebra es más fácil aprender física	66,7
Me ha gustado más la física cuando usamos Geogebra	85,2
Ni usando Geogebra logro entender la física	22,2
Este modo de trabajo no facilita la comunicación con los compañeros	42,9
He confiado más en mi mismo trabajando física con Geogebra	61,5

Figura 1. Actitud positiva frente a la modelación con Geogebra

En el anexo 3 se puede apreciar una de las simulaciones elaboradas por uno de los estudiantes y en la dirección web allí indicada la simulación en funcionamiento.

Conclusiones.

Existen pocos antecedentes del uso de Geogebra para el diseño y la creación de modelos de fenómenos físicos (y no sólo en Iberoamérica) y ninguno, que hayamos conocido, en el que se plantee la posibilidad de dar a los estudiantes la oportunidad de ser ellos mismos los encargados de diseñar y construir la modelación. ¿Quizá creemos que los estudiantes de educación básica y media (bachillerato) no están lo suficientemente maduros para hacerlo? Algunos parecen ser de esta opinión. A nuestro modo de ver, siempre y cuando las actividades se elaboren con los criterios didácticos suficientemente claros y precisos, es una oportunidad que no les podemos negar a nuestros alumnos.

Las investigaciones que los profesores de ciencias podamos llevar a cabo en tal sentido pueden enriquecer el conocimiento del cuerpo docente sobre nuevas estrategias didácticas que propicien el aprendizaje significativo de la física mediante la modelación. Esperamos que con la presentación de esta propuesta en el VIII CIBEM podamos movilizar a otros docentes a unirse a experiencias de este tipo, tan necesarias para la educación en ciencias naturales en Iberoamérica.

Referencias bibliográficas

- Carrillo de Albornoz, A. (2012). El dinamismo de Geogebra, *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*. <http://www.fisem.org/www/union/revistas/2012/29/archivo5.pdf/>
Consultado 10/10/2015
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of science education*.

<http://www.ecent.nl/servlet/supportBinaryFiles?referenceId=9&supportId=1599>

Consultado 03/06/2015

García, M. (2011). Evolución de actitudes y competencias matemáticas en estudiantes de secundaria al introducir Geogebra en el aula (tesis doctoral). Universidad de Almería.

Hodson, D. (2003). *Time for action: science education for an alternative future*. http://ssi-group.wikispaces.com/file/view/SE_Renewal_Hodson.pdf. Consultado 22/10/2016

Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos.

Investigación didáctica, 24(2), 173 – 184.

Justi, R. (2009). Learning how to model in science classroom: key teacher's role in supporting the development of students' modelling skills. *Educación Química*, 32 – 40.

Ornek, F. (2008). Models in science education: Applications of models in learning and teaching science. *International Journal of Environmental and Science Education*, 3(2), 35 – 45.

Anexo 1, Ejemplo de unidad

UNIDAD 5, Modelación del movimiento armónico simple

1. Objetivo:

Diseñar una simulación del movimiento armónico simple de una partícula, dada su representación matemática.

2. Modelo matemático:

Cuando una partícula se mueve en movimiento armónico simple, su desplazamiento con respecto a la posición de equilibrio varía con el tiempo de acuerdo con la ecuación:

$$y = A \operatorname{sen}(2\pi f t)$$

Donde A es la amplitud del movimiento y f es su frecuencia.

3. Selección de aspectos a usar:

¿Cuáles son las variables y constantes a considerar?

4. Modelo mental (obtenido grupalmente):

¿Para quiénes creen que se deben crear deslizadores?

5. Forma de representación: gráfica.

6. Elaboración del modelo gráfico, de acuerdo con el modelo mental elegido socialmente:

- Abre Geogebra, adáptala a tus requerimientos y crea tus deslizadores. Puedes comentar con tus vecinos.
- ¿Cómo vas a representar la partícula?

- ¿Cómo vas a hacer para que la partícula oscile con movimiento armónico simple? (Pista 1: algo habrá que hacer con las coordenadas de la partícula... Pista 2: en una actividad anterior se utilizó esta estrategia.)

- Juega con tus deslizadores. Observa detenidamente qué cambios ocurren al modificar los valores de cada uno de los deslizadores:

Deslizador ____: _____.

Deslizador ____: _____.

Deslizador ____: _____.

Deslizador ____: _____.

Deslizador ____: _____.

- ¿Concuerda con lo que esperabas? _____.
- Guarda la animación. En otra actividad podríamos necesitarla de nuevo.

Anexo 2, Resultados Cuestionario sobre actitudes

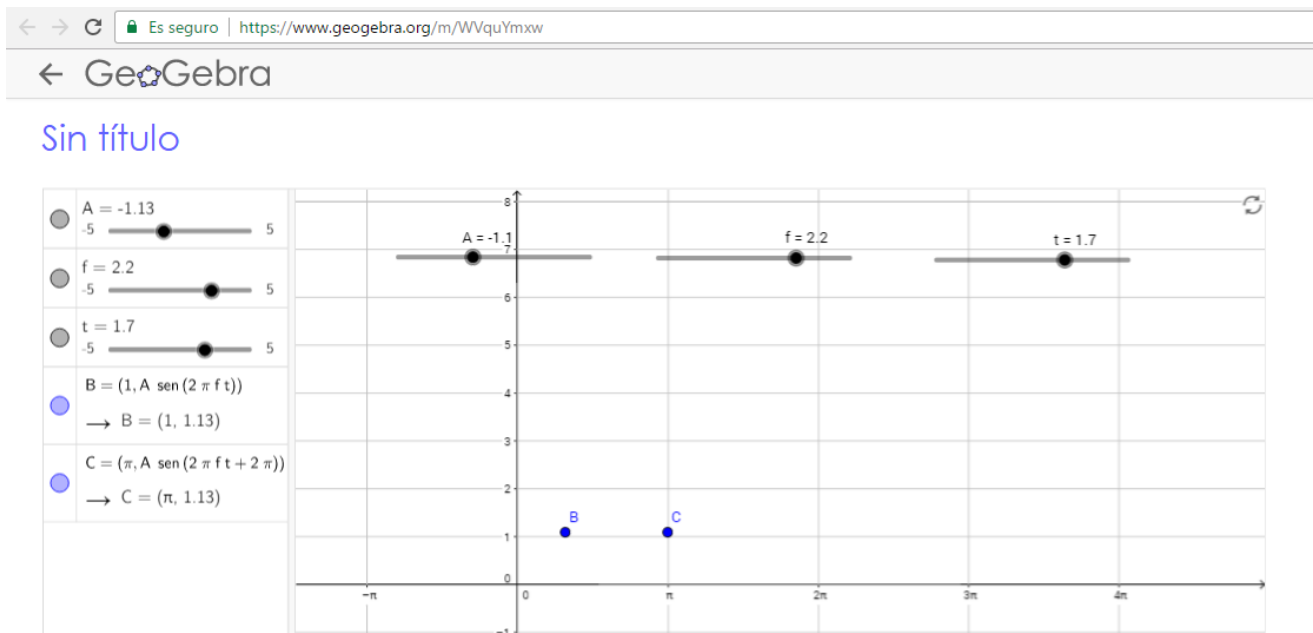
TABULACIÓN ACTITUDES HACIA EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA USANDO MODELACIÓN EN GEOGEBRA

PREGUNTAS	1	2	3	4	5	n	FAVORABLE	%
El uso de Geogebra me ayuda a entender mejor los conceptos físicos	3	0	3	9	13	28	22	78,6
Construir un modelo me permite comprender la conexión entre las fórmulas que usamos en física y los conceptos	3	0	1	8	16	28	24	85,7
Crear modelos en Geogebra NO me ayuda a mejorar mi comprensión de la física	14	7	2	1	4	28	21	75,0
El uso de Geogebra no me ha motivado	17	4	3	3	1	28	21	75,0
Usando Geogebra he aprendido con mayor rapidez	4	1	6	7	10	28	17	60,7
Usando Geogebra es más fácil aprender física	3	2	4	6	12	27	18	66,7
Me ha gustado más la física cuando usamos Geogebra	2	0	2	6	17	27	23	85,2
Ni usando Geogebra logro entender la física	15	6	3	2	1	27	21	77,8
Este modo de trabajo no facilita la comunicación con los compañeros	13	3	8	3	1	28	16	57,1
He confiado más en mi mismo trabajando física con Geogebra	2	4	4	5	11	26	16	61,5
								72,3

1. Totalmente en desacuerdo
2. Bastante en desacuerdo
3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4. Bastante de acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

Nota: se tomó como actitud favorable la suma de 4 y 5 en el caso de afirmaciones positivas y la suma de 1 y 2 en el caso de afirmaciones negativas.

Anexo 3, Ejemplo de modelo creado por un estudiante del grupo



Se usó información de la simulación creada por Chris Hamper, en www.thinkib.net/physics