

## DISEÑO DEL VIDEOJUEGO MATH-MAN PARA EL DESARROLLO DE CONOCIMIENTOS, HABILIDADES Y ESTRATEGIAS ASOCIADAS A LAS NOCIONES DE VARIACIÓN Y CAMBIO



Edwin Roberto Ríos Briceño, Genny Rocío Uicab Ballote  
riosbriceno@hotmail.com, uballote@uady.mx  
Universidad Autónoma de Yucatán  
Reporte de investigación  
Básico (Secundaria)

### Resumen

Hoy en día, se hace necesaria la aplicación de los recursos tecnológicos que promuevan un aprendizaje significativo en matemáticas y que, a la vez, mantengan a los alumnos interesados en poner en funcionamiento sus conocimientos para la solución de diversos problemas apegados a su realidad. En este mismo sentido, con el propósito de implementar actividades que apoyen a estudiantes de nivel secundaria a desarrollar un pensamiento variacional, particularmente las nociones de variación y cambio, en este artículo se presenta el desarrollo y los resultados de investigación de la experimentación de un videojuego, conformado por diversas situaciones de naturaleza variacional, el cuál ha sido estructurado bajo el enfoque de la teoría de situaciones didácticas de Brousseau y diseñado en el software Scratch.

**Palabras clave:** *Variación, cambio, situación a-didáctica, videojuego.*

### 1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio centra su interés en el desarrollo de un conocimiento matemático significativo en contexto, pues el uso que se le otorga en el ámbito escolar resulta poco eficiente fuera de la escuela, debido a que, por lo general, la matemática se presenta descontextualizada y como un hecho acabado. Lo anterior constituye un motivo por el cual los estudiantes le tienen “miedo” o parece, odian a la matemática, pues no le encuentran sentido y no tienen en claro por qué estudiarla (Camarena, 2008), es decir no le encuentran una funcionalidad en su vida cotidiana. Sin embargo, actualmente la tecnología y la sociedad proporcionan herramientas que pudieran ser útiles para contextualizar; es así, que se plantea la idea de por qué si los videojuegos, y en general la tecnología, son motivo de interés para los jóvenes-estudiantes, entonces ¿por qué no utilizarla como una herramienta educativa para el desarrollo de un pensamiento matemático contextualizado?

La tecnología puede ser un agente de cambio en la clase de matemáticas. Por ello, el presente proyecto pretende proporcionar a los educadores un enfoque diferente de enseñar las matemáticas, mediante el diseño de actividades con tecnología, que motiven a los estudiantes a aprender.

#### 1.1. ¿POR QUÉ LAS NOCIONES DE VARIACIÓN Y CAMBIO?

La investigación está enfocada específicamente al desarrollo de las nociones de variación y cambio. Por una parte, porque todas las situaciones y fenómenos que nos rodean no son estáticos de forma permanente, de hecho, se puede pensar que estos son dinámicos, prácticamente todo es variable, vivimos en un mundo de esa naturaleza, en el cual es factible encontrarnos con fenómenos cambiantes y variacionales. Esta postura permite asegurar que las personas desarrollan un pensamiento de tipo variacional. Sin embargo, cuando los estudiantes quieren

describir matemáticamente las situaciones o fenómenos (variacionales), para ellos es muy complejo hacerlo, siendo que es un estado natural (Camarena y Flores, 2012). Por otra parte, asumimos que las nociones de variación y cambio constituyen la base del cálculo, pues si se hiciera una seriación de conceptos ésta sería más o menos así: números reales, variación y cambio, variable, función, límite, derivada, integral, empero estas nociones en los actuales programas de enseñanza no están definidas de manera explícita, sino que persisten como parte del currículo oculto.

Por tanto, el objetivo del trabajo consiste en diseñar una propuesta didáctica con tecnología que incluya situaciones de modelación de lo variacional, en contextos cotidianos, para contribuir al desarrollo de las nociones de variación y cambio en estudiantes de nivel secundaria.

## 2. MARCO TEÓRICO

El enfoque general de la presente investigación está enmarcado en la Teoría de las Situaciones Didácticas, desarrollada por Guy Brousseau; quien expresa que:

“Una noción aprendida no es utilizable sino en la medida en la que ella es relacionada con otras, esas relaciones constituyen su significación, su etiqueta, su modo de activación. Empero, no es aprendida si no es utilizable y utilizada efectivamente, es decir, sólo si es la solución de un problema” (Brousseau, 1983, p.165).

De lo anterior se deduce que el significado de una noción no se le puede dar al alumno, él debe construirlo a partir de un conjunto de problemas que hagan funcionar el saber. En consecuencia, por medio de situaciones didácticas el profesor debe buscar provocar en el estudiante los conflictos que lo lleven a la construcción de conocimiento.

Una situación didáctica es el conjunto de relaciones en las que se encuentra implicado el profesor como parte de las interacciones que se establecen entre el alumno y los problemas planteados por él, dentro los cuales se busca que los alumnos tengan un desempeño lo más independientemente posible, con el propósito de que construyan o adquieran un conocimiento por sí mismos.

Uno de los aspectos importantes a resaltar es cómo funcionan las situaciones didácticas, es decir, cuáles de las características de cada situación resultan determinantes para la evolución del comportamiento de los alumnos y, subsecuentemente, de sus conocimientos y nociones. Para ello, se hace necesario establecer lo que se considera como situación a-didáctica.

Entre el momento en que el alumno acepta el problema como suyo y aquél en el que produce su respuesta, el docente rehúsa intervenir y sugerir el conocimiento que quiere ver aparecer. El alumno sólo habrá adquirido verdaderamente el conocimiento cuando él mismo sea capaz de ponerlo en uso, en situaciones que encontrará fuera de todo contexto de enseñanza, y en ausencia de cualquier dirección intencional. Una situación como tal es llamada situación a-didáctica. Brousseau la concibe como:

“Toda situación que, por una parte no puede ser dominada de manera conveniente sin la puesta en práctica de los conocimientos o del saber que se pretende y que, por la otra, sanciona las decisiones que toma el alumno (buenas o malas), sin intervención del maestro en lo concerniente a aquello que se pone en juego” (Brousseau, 1986, citado en Panizza, 2003).

A diferencia de una situación didáctica, en la situación a-didáctica desaparece la intención explícita de enseñar, permitiendo que el alumno se relacione con el conocimiento puesto en juego. Es decir, una situación a-didáctica es un problema o situación matemática específica de un conocimiento tal que, por sí misma, sin apelar a razones didácticas y en ausencia de toda indicación intencional, permita o provoque un cambio de estrategia en el alumno.

Para el diseño de las situaciones didácticas (que contemplan todos los aspectos fundamentales de un concepto), Brousseau (1986) define tres tipos de situaciones (a-didácticas) que inducen a los alumnos a transitar por diversas etapas propias de la actividad matemática: la acción, la formulación y la validación. La *situación acción* consiste básicamente en que el estudiante trabaje individualmente con un problema (actividad) que tiene inmerso un conocimiento; en la *situación de formulación*, a través de la interacción con el medio didáctico, se conjeturan las posibles soluciones del problema; en la *situación de validación* el estudiante puede evaluar si el procedimiento utilizado es adecuado o no, sin tener que recurrir a la ayuda del maestro, y llegar a la adquisición de conocimientos.

Así, el alumno aprenderá adaptándose a un *medio*, factor de dificultades y desequilibrios. Si se adapta a la situación y llega a la solución, estará proporcionando evidencia de haberse apropiado del saber en cuestión, es decir, que aprendió. Además, la situación proporcionará la significación del conocimiento para el alumno, generando así un conocimiento contextualizado, a diferencia del currículo escolar habitual, donde la búsqueda de aplicaciones de los conocimientos sucede a su presentación, descontextualizada.

### 3. MÉTODO

Para el desarrollo de esta investigación se realizó un estudio de carácter cualitativo, con un análisis de corte descriptivo. La flexibilidad que posee la metodología cualitativa permitió describir y comprender la funcionalidad y el uso de un entorno virtual para el desarrollo de conocimientos, habilidades y estrategias asociadas a la construcción de las nociones de variación y cambio. El procedimiento general de investigación incluyó las siguientes etapas.

#### 3.1. ETAPA I. ESTRUCTURA Y DISEÑO DE UN VIDEOJUEGO

Para determinar las tareas y actividades que conforman el videojuego, se realizó una búsqueda de situaciones variacionales (movimiento de coches, derretimiento de velas, llenado de depósitos, cambios en la altura de un avión, cambios en la temperatura) que estén inmersas en contextos cotidianos y que permitan desarrollar en los estudiantes, las nociones de variación y cambio. Fue importante tener como referente aquellas situaciones que promuevan el desarrollo del pensamiento y lenguaje variacional, pues los estudiantes pueden ser capaces de entender y explicar lo variacional en situaciones en las que se favorezca este pensamiento (Pérez, 2011). Asimismo, las situaciones que se plantean, deben permitir la modelación de situaciones variacionales a partir de tareas que promuevan identificar y analizar relaciones entre variables, interpretar, traducir y predecir información, describir comportamientos globales en un sistema de cambios, establecer supuestos y generar modelos matemáticos, así como cuantificar el cambio, analizar las variaciones, generar conjeturas, tomar decisiones y establecer códigos que permitan al estudiante transitar entre diferentes registros de representación y, por ende, desarrollar conocimiento matemático (Pérez, 2011; Moguel, 2011).

Determinadas las actividades, se procedió a estructurar el videojuego, diseñado en la interface del software Scratch, con situaciones variacionales adecuadas y estructuradas para responder a los objetivos didácticos planteados. El videojuego involucra una historia de acción: Math-man es un agente secreto, quien junto con sus colaboradores (Alfa y Épsilon) se enfrenta a diversas aventuras (que implican las situaciones de variación y cambio a resolver por el usuario estudiante) para capturar a Negativón y sus secuaces (ver Figura 1). A continuación se describen brevemente las actividades presentes en el videojuego.

- La primera actividad consiste en controlar un auto, recorriendo la ciudad de Matepolis. En la búsqueda de ciertos puntos de referencia (túnel, fábrica y aeropuerto) para atrapar a los secuaces. El usuario puede aumentar o disminuir su velocidad y por medio del velocímetro que aparece en la pantalla cuantificar el cambio de la velocidad.
- En la segunda actividad, en la búsqueda de los secuaces, el usuario debe localizar y llegar al túnel. Al interior, el agente camina alumbrándose con una vela para encontrar un mensaje secreto. En dicha situación se presenta al usuario una simulación del derretimiento de una vela y el registro gráfico de dicho comportamiento.
- En la tercera actividad, el usuario debe dirigirse rumbo a la fábrica, pues eso indicaba el mensaje secreto encontrado en el túnel. En esta actividad Math-man es capturado y colocado por sus adversarios en un depósito que empieza a ser llenado con agua, empero con la ayuda del usuario, Math-man podría ser liberado (posteriormente se describirá a mayor detalle esta actividad).
- En la cuarta y última actividad, se les presenta a los estudiantes una simulación del despegue y vuelo de un avión, así como una tabla de valores (tiempo y altura) que corresponden a dicho fenómeno. Esta situación como parte de la aventura consiste en detener a los criminales que tratan de escapar, lanzando un misil en el tiempo adecuado (por predecir por parte del estudiante) bajo la altura determinada (proporcionada por la situación-problema).



Figura 1. Escenas presentes en el videojuego que permiten estudiar e interpretar fenómenos de variación y cambio.

### 3.1.1. RELACIÓN ENTRE LA ALTURA Y EL TIEMPO DE LLENADO DE UN DEPÓSITO.

A continuación se ilustra y describe una de las actividades (escenas) presentes en el videojuego, así como las acciones que se pretenden realicen los estudiantes al interactuar en ella.

La actividad se encuentra inmersa en una situación en la cual el agente Math-man ha sido capturado por una banda de criminales, y colocado en un recipiente que será llenado de agua (ver Figura 2). De manera general, en esta actividad se pretende que el estudiante tenga un primer

acercamiento a situaciones problema en el que tenga que dar respuesta a preguntas (implícitas) tales como, ¿qué es lo que cambia?, ¿cómo y cuanto cambia?, ¿con respecto a qué cambia lo que cambia?, ¿qué es lo que varía?, ¿cuánto varía? y que interprete la representación gráfica de dichos comportamientos de variación. Durante el desarrollo de estas acciones se espera que el estudiante pueda estimar y explicar cuánto se incrementan los valores de una variable (altura) conforme la otra variable (tiempo) aumenta y de esta manera poder establecer una relación de dependencia entre ellas.

De manera específica, en esta actividad, se encuentra inmersa la acción de interpretar el cambio y la variación (qué tan rápido cambia lo que cambia), a través de la simulación del llenado de un recipiente. Esto con la finalidad de que el estudiante, a través de la exploración y análisis de diversas gráficas, pueda asociar al fenómeno su representación gráfica.

Por otro lado, se pretende que el estudiante identifique los intervalos de tiempo en los cuales se presentan cambios de velocidad de llenado, mediante el establecimiento y la comparación de estados, globales o locales, que se observan en las gráficas.

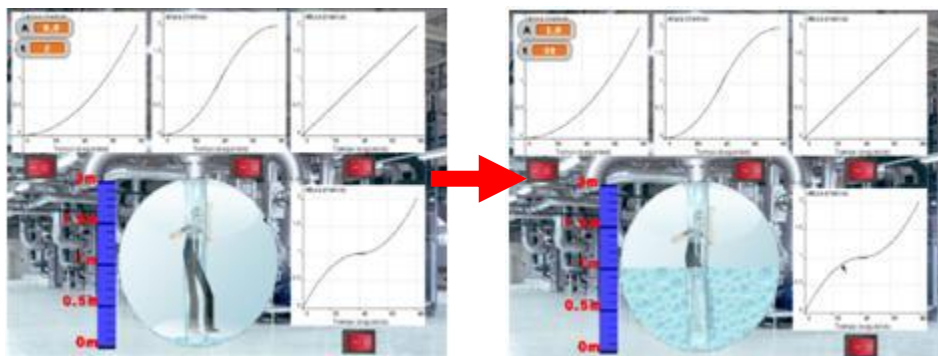


Figura 2. Escenas que permiten interpretar un fenómeno de variación y cambio: llenado de un recipiente.

En la interface del software, el estudiante en la interacción con el videojuego (específicamente en esta actividad), debe visualizar el comportamiento del llenado de un depósito y hacer un análisis de los 4 registros gráficos proporcionados, para posteriormente seleccionar el interruptor adecuado (que se encuentra debajo de cada gráfica) que detiene el llenado, es decir el estudiante debe seleccionar la representación gráfica que modela el comportamiento de la situación para que Math-man se encuentre a salvo.

Estas escenas se diseñaron para que el estudiante desarrolle estrategias que posibiliten la identificación e interpretación de la transformación de un estado a otro y, mediante sus propias estrategias, estime cuánto y cómo cambia lo que cambia en una situación problema. En esta actividad, aunque el estudiante podría realizar diversos ensayos para que Math-man sea liberado; se confía que proponga estrategias más estructuradas que le permitan actuar de mejor manera ante dichas situaciones. Lo anterior, constituyen las fases de acción y de formulación de acuerdo con la teoría de situaciones didácticas.

### 3.2. ETAPA II. LOS PARTICIPANTES, EL ESCENARIO Y LOS INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

La experimentación de la propuesta didáctica se realizó con 5 estudiantes de secundaria de diferentes grados escolares (uno de primer grado, tres de segundo y uno de tercero) y diferentes escuelas.



La aplicación se llevó a cabo durante una sesión, con una duración de dos horas treinta minutos aproximadamente. Para ello se requirió contar con 2 cámaras de video, un teléfono celular (para el registro de audio) y 5 computadoras laptop con los programas Scratch y Camtasia instalados.

La sesión se dividió en dos momentos: primero los estudiantes trabajaron de forma individual las actividades presentes en el videojuego. El segundo momento consistió en la realización de entrevistas individuales para complementar información, así como para conocer las ideas o procesos de pensamiento que tuvieron y desarrollaron los estudiantes a lo largo de las actividades.

#### 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN

En este apartado se presentan los resultados en cuanto a diseño y contenido (matemático) de la experimentación del videojuego, específicamente de la actividad descrita anteriormente. Los estudiantes son denotados mediante el código “E#-grado”, el cual hace referencia al número asignado al estudiante y el grado escolar, por ejemplo, E1-3 hace referencia al estudiante etiquetado como número uno, de tercer grado de secundaria.

El presente análisis se basa en las observaciones y producciones realizadas por los estudiantes. Estas observaciones se complementan con otras obtenidas mediante las entrevistas individuales y la videograbación de las acciones que ejecutaron los estudiantes en el videojuego.

En particular los estudiantes E1-3 y E4-1 proporcionan argumentos más robustos de su elección por una de las cuatro gráficas. E4-1 argumenta su elección expresando: *“vi como iba subiendo el agua, hasta que ya había alcanzado una altura considerable y luego la comparé con las gráficas... la gráfica (que elegí) marcaba la velocidad a la que iba subiendo el agua, entonces, mientras más se elevaba la gráfica, más subía el agua”*. E4-1 observó durante un tiempo el comportamiento del fenómeno de llenado de un recipiente antes de seleccionar la gráfica (seleccionó la gráfica correcta al segundo intento, evidenciado en la videograbación con Camtasia).

Los estudiantes E1-3 y E4-1 establecieron una relación entre la gráfica seleccionada y el comportamiento del agua, pues ambos interpretaron que la información que brindaba la gráfica, era precisamente el comportamiento del llenado del recipiente o la velocidad a la que subía el agua, también interpretaron que la gráfica estaba dirigiéndose hacia arriba, debido a que eso indicaba, que conforme pasaba el tiempo, el agua subía más. E1-3, al respecto, menciona *“tuve que elegir entre cuatro opciones, (para saber) cuál era la más conveniente, ... (para eso tuve que saber) cuánto avanzaba el agua hacia arriba, ... (y tomar en cuenta) el tiempo y la altura”, “el agua no avanzaba igual, como que se aceleraba, aumentaba más, creo, por cada segundo”*. E1-3 realizó un proceso de análisis de todas las gráficas para seleccionar aquella (cabe resaltar que E1-3 seleccionó la gráfica correcta al primer intento) que describía el comportamiento del fenómeno del llenado de un recipiente.

Un punto importante a destacar en esta actividad, es que E1-3 y E4-1 lograron visualizar y conjeturar que el comportamiento del presente fenómeno no era constante, debido a que la velocidad a la que subía el agua, cambiaba. Además, los estudiantes establecieron cómo cambiaba la situación y cuál era el comportamiento del llenado de un recipiente, pues en las acciones que realizaron y en las entrevistas, se observó de manera intuitiva que los estudiantes

reconocieron la variación directa presente: a mayor tiempo transcurrido, mayor agua (altura) en el depósito.

Por otra parte, la información obtenida reporta que los estudiantes (E2-2, E3-2 y E5-2) realizaron un análisis poco profundo de las gráficas e inclusive E5-2 resolvió la actividad al azar, pues en la videograbación en Camtasia se aprecia que el estudiante presiona todos los interruptores, hasta dar con el adecuado, sin realizar un previo análisis. Sin embargo, a pesar de esta situación, los estudiantes expresaron durante la entrevista ideas afines con los propósitos de la presente investigación, ya que por ejemplo, E2-2 señaló *“el agua avanzaba más, se elevaba...aceleraba a cada rato, o sea avanzaba rápido, pero no sé si a partir de la mitad iba más rápido o algo así, porque yo sólo vi como dos cuartas partes del llenado y seleccioné la gráfica”*, por su parte, E3-2, mencionó *“pues dependiendo del agua que se iba tirando, iba viendo cuánto tiempo pasaba... el agua no subía muy rápido, porque sí habían momentos en que parecía que paraba”*, asimismo, al respecto con la selección de la gráfica, E3-2 expresó que *“por medio del agua que iba cayendo iba viendo cuando iba aumentando y hubo una parte donde se estableció el agua y hasta allá llegó y eran gráficas que tenía así, estaba la gráfica y había una rayita donde se paraba y donde se paró empecé a ver las gráficas y pues la encontré”*. Si bien estos estudiantes no resolvieron correctamente las actividades, utilizaron expresiones tales como, aumenta, disminuye, rápido, lento, para denotar los cambios presentes en el fenómeno de llenado de un recipiente, en donde de manera inherente se pone de manifiesto la modificación o transformación de su estado.

## 5. CONCLUSIONES

De forma cotidiana, las nuevas generaciones de estudiantes, interactúan con videojuegos, redes sociales y mundos virtuales diversos. Adicionalmente, las nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación proporcionan hoy día infinidad de herramientas (como Scratch) que permiten al estudiante obtener conocimientos, y a los docentes incidir en sus procesos cognitivos y desarrollar habilidades de pensamiento. Sin embargo para el éxito de la enseñanza basada en videojuegos sigue siendo, como siempre, el profesor, quien debe identificar y diseñar el contexto en el cual el videojuego puede ser educativamente relevante.

El presente estudio centró su atención en identificar los procesos de pensamiento variacional y las tareas de los estudiantes de nivel secundario, que subyacen al enfrentarse ante actividades y problemas específicos de variación y cambio. Dichas actividades, diseñadas en Scratch y aplicadas en esta investigación, brindaron un panorama para obtener información de dos aspectos relevantes: por un lado, se pone de manifiesto la importancia de desarrollar en los estudiantes un pensamiento variacional que les permita interpretar, analizar y modelar el comportamiento de un fenómeno; por otro, se obtuvo información acerca del papel que juega un entorno virtual (videojuego), durante dicho proceso de construcción de las nociones de variación y cambio (pensamiento variacional).

De esta manera, la presente propuesta dio indicios que favorecen la construcción de conocimiento matemático, en el sentido de que los estudiantes dotaron de significado a las nociones de variación y cambio en los diversos escenarios presentes en el videojuego. También se promovió una participación activa de los estudiantes, así como la comprensión de los contenidos.

Se concluye que el estudio de la variación y el cambio, específicamente el pensamiento variacional, se desarrolla gradualmente y de manera continua, por lo que debe incluirse

explícitamente (y no sólo en el currículo oculto) en los planes y programas de estudio de nivel secundario. En este proceso de construcción de un pensamiento variacional, las herramientas tecnológicas deben ser utilizadas no sólo como instrumentos de exploración en el trabajo de los estudiantes, sino como fuentes de información de su desarrollo conceptual. Los resultados de la presente investigación dan cuenta de que la incorporación de un entorno tecnológico-virtual permiten a los estudiantes sentir una realidad virtual, ya que ponen en acción los diferentes canales sensoriales, transformando así el entorno en un verdadero objeto de aprendizaje y dotando de significado a las nociones de variación y cambio en los diversos escenarios presentes en el entorno virtual (Ríos y Uicab, 2012).

Finalmente es importante mencionar que el uso de los juegos educativos es un camino que se empieza a explorar. Cuando se tengan mayores experiencias en contextos reales se podrá identificar en qué circunstancias es más adecuado su uso y bajo qué condiciones se obtienen los mejores resultados.

## 6. REFERENCIAS

- Brousseau, G. (1983). Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 4 (2), 165-198.
- Brousseau G. (1986). Fondements et méthodes de la didactiques des mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7 (2), 33-115.
- Camarena, P. (2008). Teoría de la matemática en el contexto de las ciencias. *Actas del III Coloquio Internacional sobre Enseñanza de las Matemática*. Conferencia Magistral, Perú.
- Camarena, P. y Flores, I. (2012). Epistemología de lo variacional. *Memorias del XIII Simposium Internacional: Aportaciones de las Universidades a la Docencia, la Investigación, la Tecnología y el Desarrollo*, D.F., México.
- Moguel, G. (2011). *Predicción y modelación matemática. Características de un punto de encuentro*. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México.
- Panizza, M. (2003). Conceptos básicos de la teoría de situaciones didácticas. En M. Panizza (Ed.) *Enseñar matemática en el Nivel inicial y el primer ciclo de la EGB. Análisis y propuestas*, (pp. 59-71). Argentina, Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- Pérez, I. (2011). *Unidades didácticas en el área de Precálculo. Un estudio sobre la efectividad de organizadores de contenido*. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Ríos, E. y Uicab, R. (2012). Funcionalidad de un juego de estrategia virtual: el desarrollo de las nociones de variación y cambio en estudiantes de secundaria. En M. Prieto, J. Melo y D. Pardíñaz (Eds.). *Recursos digitales para la instrucción y el aprendizaje* (pp.78-84). México: Instituto Tecnológico Superior de Motul.