



XVI
Congreso Nacional de
Investigación Educativa
CNIE-2021

Actividades didácticas de modelación matemática con Scratch y Arduino en educación secundaria

Sol Felipe Hernandez Guerrero

Escuela Normal Superior del Estado de Puebla
sol.hernandez.gue@pu.nuevaescuela.mx

Felipe Bermejo Herrera

Escuela Normal Superior del Estado de Puebla
bermejo60@yahoo.com.mx

Marinette Bermejo Ballinas

Escuela Normal Superior del Estado de Puebla
maribbnette91@hotmail.com

Área temática 18. Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en educación.

Línea temática: Innovación educativa y tecnología digital.

Tipo de ponencia : Intervenciones educativas sustentadas.



Resumen

Esta investigación presenta resultados preliminares sobre una propuesta de intervención didáctica para la enseñanza de contenidos relacionados con la modelación matemática a alumnos de segundo grado de secundaria; al explorar sus procesos de aprendizaje sobre las funciones de las formas: $f(x) = kx$ & $f(x) = kx + b$, se comunica que la formación que tuvieron durante su educación primaria y primero de secundaria y la relación que sostuvieron sobre las concepciones construidas con esa base, influyeron en el diseño y puesta en práctica de secuencias didácticas donde los alumnos interactuaron con el contenido matemático, aplicándolo en la construcción de programas en lenguaje Scratch para controlar el funcionamiento de circuitos electrónicos conectados a una placa Arduino, mediante una matemática dinámica, representaciones múltiples, TIC y el rol del maestro. Asimismo, se presenta el diseño de actividades didácticas de reforzamiento desarrolladas siguiendo la metodología de la Investigación- Acción, ofreciendo conclusiones sobre los logros obtenidos por los alumnos, mediante heurísticas, reflexión y cuestionamiento de sus propias concepciones sobre la matemática y su aprendizaje a través de las representaciones múltiples, mostrando la factibilidad del uso de la computación física con Scratch y Arduino, como medio para interactuar con el objeto matemático.

Palabras clave: modelación, Scratch, Arduino, representaciones múltiples.

Introducción

La enseñanza de la matemática en educación secundaria presenta fuertes retos. Las evidencias reportadas con base en las evaluaciones que se realizan en nuestro país, dan cuenta de las carencias en la formación de los adolescentes en el campo de la matemática.

Los resultados nacionales en el área de las matemáticas, muestran las deficiencias en los procesos de aprendizaje de los alumnos de educación secundaria; éstos, los da a conocer el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), después de la aplicación del Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes (Planea), donde los resultados de los alumnos se presentan en cuatro niveles de logro, que son descripciones de lo que los estudiantes muestran que son capaces de hacer.

De los estudiantes evaluados en 2017, 64.5% se ubican en nivel I, las puntuaciones obtenidas representan un dominio insuficiente de los aprendizajes clave del currículum, lo que refleja carencias fundamentales que dificultarán el aprendizaje futuro. Son capaces de resolver problemas que implican comparar o realizar cálculos con números naturales. El nivel II fue alcanzado por 21.7% de los alumnos, muestran un dominio básico de los aprendizajes clave del currículum. Resuelven problemas que implican sumar, restar, multiplicar y dividir con números decimales. Expresan con letras una relación numérica sencilla que implica un valor desconocido. Los estudiantes que se ubican en el nivel III representan un 8.6%, tienen un dominio satisfactorio de los aprendizajes clave del currículum. Resuelven problemas con fracciones, números enteros o potencias de números naturales y describen en lenguaje coloquial una expresión algebraica. Únicamente 5.1% se ubicó en el nivel IV y son alumnos que tienen un dominio sobresaliente de los aprendizajes clave del currículum, capaces de resolver problemas que implican combinar números fraccionarios y decimales y emplear ecuaciones para encontrar valores desconocidos en problemas verbales.

Estos resultados obligan a asumir el reto de transformar la manera en la que se abordan los contenidos matemáticos de secundaria. Se hace necesario entonces, transformar las prácticas de los profesores que atienden ese nivel educativo, lo que implica su actualización y formación permanente. La clave de este cambio, es la transformación de las formas de enseñanza para que los alumnos sean activos, creativos, interesados por aprender y por lograr los aprendizajes de calidad que hoy demanda nuestra sociedad; idea plasmada en los Aprendizajes Clave en la asignatura de matemáticas de la educación básica (SEP, 2017).

Lo anterior, nos emplaza a considerar seriamente los procesos de formación en el área de matemáticas de los alumnos de educación secundaria para fortalecerlos y mejorarlos; si esa formación es cada día más sólida, cuando ingresen al nivel medio superior, tendrán un mejor desempeño y lograrán acceder (si así lo desean) a la educación superior, permanecer en ella y finalizarla.

En este sentido es importante mencionar, que la experiencia que se ha recabado del trabajo en la asignatura de matemáticas II en una escuela secundaria de la ciudad de Cholula en el estado de Puebla, ha permitido visualizar

que los estudiantes de segundo grado presentan retos en el aprendizaje del álgebra y su aplicación en otras ramas de las matemáticas. De ahí que se considere que, para que los adolescentes de secundaria desarrollen el pensamiento algebraico, deben participar en situaciones didácticas donde el concepto matemático se aborde en contextos interesantes mediante heurísticas y representaciones múltiples.

Al cuestionar a los alumnos sobre sus procesos para resolver problemas, se identificaron varios retos, entre los cuales destaca: el bajo desarrollo de habilidades para el análisis y modelación de situaciones en las que algún dato presenta una variación lineal.

Por esta razón, se considera relevante privilegiar la reflexión en la construcción de conocimientos en los procesos de formación, el desarrollo de habilidades para la modelación y el análisis de las representaciones múltiples de situaciones con variación lineal, pues fue un requerimiento fundamental en esta investigación. Para guiar a los alumnos, éstos deberán aprender a representar situaciones problemáticas, formular modelos susceptibles de ser validados a través de propuestas que incluyan el uso de recursos tecnológicos y, finalmente, argumentar en torno a los resultados obtenidos.

Reconocer la interrelación de los elementos señalados, conlleva a distinguir de qué manera los adolescentes construyen sus conocimientos y desarrollan habilidades mediante el uso de recursos tecnológicos en la visualización de las múltiples formas de representar situaciones de variación.

Desarrollo

Diagnóstico

Esta investigación se desarrolló en una Escuela Secundaria ubicada en Av. Torrecillas 21, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula Puebla, al inicio del ciclo escolar 2020-2021. Uno de los puntos de partida de esta investigación, fue el análisis de los Resultados Nacionales de la prueba Planea 2017.

El grupo elegido para este trabajo intelectual, fue el segundo grado grupo D; integrado por 30 alumnos, 18 mujeres y 12 hombres cuyas edades se ubican entre los 12 y los 14 años. Los estilos de aprendizaje, así como su habilidad en el manejo de dispositivos como teléfonos inteligentes y computadoras fueron determinantes para desarrollar el trabajo y decidir sobre el contenido matemático a reforzar en el aula.

Otro dato que orientó esta investigación fue la información que proporcionan los resultados por escuela de la prueba PLANEA 2017, los cuales muestran que de los alumnos evaluados en el centro de trabajo donde se llevó a cabo ésta investigación el 53% se ubicaron en nivel I, 26% en nivel II, 12% en nivel III y 9% en nivel IV, cifras relativamente similares a las nacionales.

Lo anterior permitió formular la siguiente pregunta: ¿cómo desarrollar habilidades de modelación matemática en los estudiantes de segundo grado de secundaria, a través de las representaciones múltiples de situaciones de variación lineal y su implementación con el lenguaje Scratch para Arduino en proyectos de computación física?

Referentes conceptuales

En la historia de las matemáticas encontramos que, hace aproximadamente 4000 años, es decir, 2000 años a.C., los babilonios dejaron testimonio de ideas intuitivas del concepto de función en sus tablillas de arcilla; en ellas, se encontraron vestigios de ésta. Estas evidencias mostraron posiblemente la primera idea esencial en la construcción del concepto de función. Además, plasmaron la idea de relación, al acuñar en sus tablillas una correspondencia entre números y sus cuadrados.

Por su parte el Dr. Fernando Hitt Espinosa, proporciona el concepto de función en términos de variable independiente y variable dependiente y lo expresa de la siguiente manera: “en toda cuestión donde se tengan que considerar varias variables, se pueden atribuir a algunas de ellas valores arbitrarios; entonces, las otras variables toman valores determinados. Las primeras son llamadas variables independientes, las otras son nombradas variables dependientes o funciones de las variables independientes” (Hitt, 2002, p. 73).

Hitt Espinosa, contribuye de esta manera al desarrollo del campo disciplinario de las matemáticas, al construir de manera intuitiva la noción conceptual de función; a finales de la década de los años treinta, el grupo matemático Bourbaki influyó para darle un enfoque conjuntista al constructo de función, perdurando esta influencia hasta mediados de la década de los años setenta. Con ello, se reorganizó la enseñanza de la matemática. Por otro lado, algunos libros presentan también a la función, como una “máquina” que tiene una “entrada” y produce una “salida”.

El Dr. Hitt, en su libro *Funciones en contexto*, argumenta que la experimentación en educación matemática, específicamente sobre el concepto de función, ha demostrado que las definiciones utilizadas durante el siglo XX no son equivalentes en cuanto al aprendizaje de dicho concepto. Los estudios desarrollados sobre la comprensión de funciones mostraron que, para la enseñanza media, la definición más apropiada es la que explícitamente se refiere a la variable. La enseñanza de la definición de función en términos de regla de correspondencia entre conjuntos, se puede postergar hasta el ciclo universitario (Hitt, 2002, p. 75).

El concepto de modelo matemático ha estado presente en muchos de los campos de las ciencias, donde la matemática tiene amplia aplicación en la resolución de problemas. En consecuencia, se han planteado algunas definiciones como:

- Se define un modelo matemático como una construcción matemática dirigida a estudiar un sistema o fenómeno particular del “mundo real”. Este modelo puede incluir gráficas, símbolos, simulaciones y construcciones experimentales. (Giordano F. 1997, p. 34).

- Un conjunto de símbolos y relaciones matemáticas que traducen, de alguna forma, un fenómeno en cuestión o un problema de situación real, es denominado: Modelo Matemático. (Biembengut, 1999, p. 20).

Estas definiciones de modelo hacen referencia en gran medida a la visión que se tiene de la matemática en relación con el mundo real. Sin embargo existen diferencias entre las mismas ideas básicamente en la forma cómo se “materializa” matemáticamente la relación, es decir, en la forma de representación matemática del concepto o relación.

El concepto de función se encuentra relacionado con la modelación de procesos de variación, por tal razón el estudio de la variación puede convertirse en un eje fundamental para una didáctica de la modelación. La función lineal no escapa a esta concepción y por lo tanto, su presencia permanente en el entorno cotidiano posibilita la indagación, por parte de los alumnos, en el proceso de comprender fenómenos que pueden modelarse mediante una función lineal o al menos, lograr establecer relaciones entre las variables asociadas a tales fenómenos.

Se sabe también que, al emplear diversas representaciones durante la enseñanza de algún contenido matemático, este se aprende con mayor profundidad porque se puede manipular una representación y se observa que sucede en las otras representaciones del objeto de matemático con relación a las representaciones múltiples y a la matemática dinámica. Ivonne Twiggy Sandoval Cáceres y Luis Enrique Moreno Armella, argumentaron que el “desarrollo tecnológico ha permitido tener herramientas que generan representaciones dinámicas de objetos matemáticos, esto es, suministran un amplio abanico de representaciones de un objeto matemático y de relaciones matemáticas.” (Sandoval I y Moreno L, 2012, p. 2).

Manipular el objeto matemático a través de sus diferentes representaciones, ayuda a visualizar las propiedades que tiene el constructo matemático, es decir, se puede conjeturar ideas antes de dinamizar la construcción. Martín Eduardo Acosta Gempeler (2002), sustenta que todo dibujo en la pantalla no es definitivo, sino que puede ser manipulado y transformado. Es importante descubrir las propiedades que permanecen constantes durante el desplazamiento. Toda imagen en la pantalla es provisional y sus características son sólo aparentes. Es necesario dudar de lo que se ve, pues al mover la figura para observar si las propiedades se mantienen en todos los casos (Acosta, 2002, p. 32).

Metodología

La metodología empleada en este trabajo intelectual fue investigación-acción (IA). Antonio Latorre en su libro *La investigación – acción. Conocer y cambiar la práctica educativa* argumenta que ésta consiste en una indagación práctica realizada por el profesorado, de forma colaborativa, con la finalidad de mejorar su práctica educativa a través de ciclos de acción y reflexión (Latorre, 2003, p. 24).

El proceso de la metodología, se inicia con el diseño, la implementación y evaluación de actividades, iniciando con un examen diagnóstico que arrojó elementos de reflexión, posteriormente, se delinearon hojas de trabajo en donde se describen las consignas y confrontaciones de las secuencias didácticas, desarrolladas durante cuatro semanas, con sesiones a distancia, trabajo autónomo y el seguimiento permanente por parte del docente a través de las plataformas educativas: Google classroom, Desmos y Tinkercad. El sentido de las actividades propuestas, fue el análisis de los conceptos de sucesión con progresión aritmética y sus representaciones múltiples, parámetro de una función, constante aditiva, la matemática dinámica y la generación de sucesiones mediante procesos de iteración; se desarrollaron dos actividades didácticas distribuidas en 4 semanas.

Aplicación

El Artículo 3º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, revela que toda persona del territorio nacional tiene derecho a recibir educación y que el Estado garantizará la calidad en la educación obligatoria de manera que los materiales y métodos educativos, la organización escolar, la infraestructura educativa y la idoneidad de los docentes y los directivos, garanticen el máximo logro de aprendizajes de los educandos, (SEP, 2016, p. 18).

En consecuencia, el enfoque de la matemática en la educación secundaria, se refiere a la resolución de problemas a través de la Teoría de las Situaciones Didácticas, misma que permea a la matemática de la educación básica en la propuesta curricular 2016, puesto que describe que el enfoque supone que la matemática es un objeto de análisis y cuestionamiento, más que un conjunto de nociones. Se basa en el planteamiento y la resolución de problemas, también conocido como aprender resolviendo (SEP, 2016, p.104).

Teniendo como sustento, la propuesta curricular para la educación obligatoria 2016 del campo disciplinario de la matemática en donde la actividad intelectual de los alumnos es el centro del proceso didáctico, en donde en lugar de explicaciones, reciben indicaciones claras y precisas y se les cuestiona para que reflexionen y analicen los constructos matemáticos.

Lo anterior lleva a considerar que, orientar a los adolescentes en el estudio de la matemática con actividades didácticas cuidadosamente seleccionadas con el apoyo de la calculadora y la aplicación de lo aprendido en el contexto tecnológico del lenguaje Scratch y la plataforma Arduino, abre un camino para experimentar un cambio radical en el aula; donde los alumnos conjeturen, reflexionen, analicen, discutan, valoren, aprendan, apliquen y revaloren la relevancia de sus aprendizajes.

Esto porque como se indicó anteriormente, en años recientes se ha detectado debilidades en la educación secundaria, a través de las diversas evaluaciones realizadas por las autoridades educativas, sobre todo en el área de matemáticas donde gran parte de los contenidos de enseñanza dependen de la generalización y la modelación matemática.

En el campo de Matemáticas, en el año 2017, la puntuación promedio de los alumnos de secundaria fue de 497 puntos, tres puntos menos que en 2015. Ambos puntajes se ubicaron en nivel de logro I. De este modo, en 2017 aproximadamente 6 de cada 10 estudiantes se ubicaron en el nivel I; 2 de cada 10 estudiantes, en el nivel II; 9 de cada 100, en el nivel III, y sólo 5 de cada 100, en el nivel IV; resultados similares a los de PLANEA tercero de secundaria 2015.

Como se observa, los resultados en educación secundaria fueron el derrotero de esta investigación, el diseño y la implementación de las actividades orientadas a la construcción de conocimientos y al desarrollo de habilidades digitales, a través de ello, se clarificaron procedimientos, se desarrollaron competencias y se fortalecieron procesos comunicativos de los estudiantes al realizar las actividades de modelación empleando como recurso digital las representaciones múltiples y la validación de modelos mediante la implementación de estos en programas construidos por ellos en un entorno de programación.

Además, el dinamismo de la calculadora, ayudó a los alumnos, en el desarrollo de las actividades y en la construcción de nuevos conocimientos matemáticos que, posteriormente, se podrían implementar en proyectos de computación física y ser utilizados en otros entornos.

El seguimiento y desarrollo de las actividades fue de manera individual a través de una plataforma, en donde se tuvo una comunicación asíncrona con los alumnos para aprovechar al máximo los tiempos en que los estudiantes podían realizar las actividades, dado que el estudio de la matemática y un lenguaje de programación al mismo tiempo requiere de un acercamiento didáctico diferente, en donde el alumno sea el protagonista e interactúe con el docente y el saber a través de la herramienta tecnológica, para responsabilizarse de sus procedimientos y resultados.

En el diseño de las actividades, se consideró el contenido de enseñanza, el propósito a alcanzar, la estrategia didáctica, la metodología, la calculadora, lenguaje Scratch, Arduino y los rasgos a evaluar; con las directrices anteriores, se describió la ruta de las actividades a desarrollar.

Aunque las actividades se desarrollaron a distancia se fomentó el intercambio de ideas, se promovió la organización, la reflexión y la defensa de las ideas; en sesiones síncronas, propiciando el diálogo al analizar las producciones y las heurísticas.

La Dra. María Teresa Rojano Ceballos (2006) y un equipo de investigadores argumentan que las actividades en el aula se organizan a partir de hojas de trabajo, a través de las cuales los alumnos reflexionan sobre lo que han realizado con la computadora (Rojano, 2006, p. 18). En atención a lo anterior, las hojas de trabajo de las actividades se colocaron en una plataforma educativa donde el seguimiento del trabajo se desarrolló en tiempo real.

Por estas razones y, con el propósito de dar paso al trabajo con los alumnos, se diseñaron, implementaron y valoraron dos actividades que a continuación se describen.

En la *primera actividad* se presentaron dos situaciones problemáticas que generaban dos sucesiones con progresión aritmética de las cuales se proporcionaron los primeros 5 términos, cuyas reglas generales eran

funciones lineales de la forma $f1(x) = kx$ & $f2(x) = kx + b$, donde k fue una constante aditiva de los términos y los valores trabajados fueron diferentes de 0; se realizó la representación tabular de los términos de cada sucesión colocando en una columna el lugar que ocupaba cada término y en otra columna los términos; se reforzó el concepto de par ordenado y a continuación se solicitó a los alumnos que representaran cada término y su lugar en forma de pares ordenados. Se alimentó la entrada de expresiones de la calculadora gráfica con los pares ordenados, se invitó a los alumnos a observar los puntos graficados e imaginar las formas que se generarían al unir aquellos que pertenecen a la misma situación. Durante el desarrollo se cuestionó a los estudiantes sobre: ¿qué patrones identifican en las sucesiones estudiadas?, ¿qué partes del plano cartesiano corresponden a los elementos de los pares ordenados obtenidos?, ¿qué relaciones observan entre los puntos que corresponden a la misma situación?, ¿qué otras representaciones podrían hacerse de las sucesiones estudiadas?

Después de que los alumnos identificaron que los puntos asociados a una misma situación se encuentran alineados, se exploró la definición de línea recta y se mostró que en la calculadora se podían generar líneas rectas ingresando expresiones algebraicas de la forma $y = kx + b$, al graficar la expresión anterior se generaron automáticamente deslizadores para cambiar los valores de los parámetros k & b en el intervalo $[-10, 10]$. Lo anterior permitió responder cuestionamientos como: ¿Qué sucede con la gráfica al variar el valor del parámetro k ?, ¿y cuándo el valor de k es negativo?, ¿de qué manera el valor del parámetro b afecta la representación gráfica de la función?, ¿qué observan cuando el valor de b es 0?, ¿y cuando b es negativo?, ¿cuáles son las expresiones que modelan cada una de las sucesiones analizadas? Después de tales reflexiones se pidió a los alumnos que verificaran si las expresiones obtenidas permitían obtener los términos de la sucesión al sustituir la variable x por el lugar que ocupaba el término en la sucesión, esto permitió confrontar a los alumnos como: si sustituimos la variable x por un valor diferente a los verificados, ¿el punto (x, y) generado forma parte de la gráfica de la función?, dado el lugar que ocupa un término en la sucesión, ¿la expresión algebraica obtenida permite obtener el término en esa posición? Posteriormente se formalizaron los conceptos de término n ésimo y regla general de una sucesión, además, los alumnos analizaron de forma autónoma otras sucesiones.

En la *segunda actividad* se exploraron conceptos básicos para la construcción de programas en el lenguaje Scratch para Arduino de la plataforma Tinkercad, donde los alumnos construyeron un circuito que integraba 10 focos led, cada uno conectado a un pin digital de Arduino, el programa creado por los alumnos para encender los leds consistía de cuatro bloques por led, uno para energizar el pin correspondiente al led (para encenderlo), seguido de otro de espera (para indicar el tiempo que duraría encendido el led), el tercer bloque desactivaba el pin apagando el led y el cuarto era otro bloque de espera que indicaba el tiempo que el led duraría apagado. A partir de las confrontaciones realizadas, los alumnos descubrieron que copiando el código de un led y cambiando el parámetro que indicaba el pin se deseaba activar o desactivar, podían controlar mas leds, al completar el programa para 10 leds la extensión del programa era de 40 bloques y se generaba un patrón ascendente de encendido y apagado determinado por una sucesión.

Se mostró que usando un bloque iteración se podía cambiar dinámicamente el valor de una variable para generar la sucesión identificada en el programa anterior y las confrontaciones realizadas permitieron a los alumnos construir un programa con solo 5 bloques que realizaba exactamente lo mismo que el programa anterior. Posteriormente se propuso a los alumnos la siguiente situación:

Se requiere una serie de luces Led en la que se observe el siguiente patrón de encendidos simultáneos: el primer y el último led, el segundo y el penúltimo led, el tercer y antepenúltimo led y así hasta que todos los led se activen con su correspondiente.

Se invitó a los alumnos a recordar el análisis realizado en la actividad didáctica anterior, para generar las representaciones necesarias para establecer una expresión algebraica de la forma que modelara la situación propuesta, para incluirla dentro del código y controlar los encendidos simultáneos de leds.

Conclusiones

La propuesta de intervención didáctica implementada orientó al estudio de la *modelación de situaciones de variación lineal* de un excesivo tratamiento algebraico a un escenario en el que la visualización jugó un papel preponderante en la construcción de nociones conceptuales.

La propuesta permitió vincular las representaciones algebraicas, geométricas y numéricas de las funciones lineales y se relacionaron ideas matemáticas al interactuar con la calculadora, pues a través de ello se manipularon parámetros creando un ambiente que motivaba a los alumnos, haciendo más enriquecedoras las actividades.

Ceder la responsabilidad a los alumnos sobre sus aprendizajes fue fundamental; para ello, cada uno se encargó de valorar sus aprendizajes al interactuar y reflexionar sobre las actividades propuestas a través conversaciones heurísticas. Reflexionaron juntos, validando o rechazando ideas, al aplicar lo aprendido en un proyecto de computación física.

También, los alumnos compartieron ideas en el chat, resultando interesante la reflexión conjunta, consensuando, aceptando o rechazando al reflexionar en grupo y construyendo sus aprendizajes.

A través de las actividades propuestas, los alumnos desarrollaron una mayor habilidad para analizar situaciones de variación al explorar sus representaciones múltiples con la calculadora, el lenguaje Scratch y la placa Arduino; además de una mayor confianza al interactuar con sus compañeros. La comprensión de este proceso generó, poco a poco, transformaciones en el diseño de las planeaciones didácticas que orientaron las sesiones de clase y, a partir de estos cambios, se produjo gradualmente la mejora de las intervenciones, lo que imprimió el sentido formativo de este trabajo, puesto que sirvió como eslabón para realizar adecuaciones acordes a la respuesta de los alumnos.

Referencias

- Acosta, M. & Gempeler, E. (2002) *Incorporación de nuevas tecnologías al currículo de matemáticas de la educación media de Colombia. Construcciones dinámicas en el programa Cabri Géomètre*. Colombia: Ministerio de Educación Nacional de Colombia.
- Biembengut, M. & Hein, N. (2004). *Modelación matemática y los desafíos para enseñar matemática*. México: Educación Matemática Santillana, 16 (2), 105-125.
- [Fecha de Consulta: 21 de Septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40516206>
- Giordano F., Weir M., Fox W. (1997) *A first Course in Mathematical Modeling. Second Edition*. Brooks/Cole Publishing Company.
- Hitt, F. (2002) *Funciones en Contexto*. México: Prentice hall/Pearson.
- INEE, (2015) *Resultados del Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes 2015*. México: SEP.
- INEE (2019). *Informe de resultados PLANEA 2017. El aprendizaje de los alumnos de tercero de secundaria en México. Lenguaje y Comunicación y Matemáticas*. México: SEP.
- Latorre, Antonio (2003) *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona, España: Graó.
- Rojano, Ma. Teresa C. (2006) *La Enseñanza de la Física y las Matemáticas con Tecnología*. México: SEP.
- Sandoval, I., Twiggy, C. y Moreno-Armella, L. (2012), *Tecnología digital y cognición matemática: retos para la educación*. México: Horizontes Pedagógicos Volumen 14. N° 1.
- SEP, (2017) *Aprendizajes Clave para la Educación Integral. Matemáticas. Educación secundaria. Plan y programas de estudio, orientaciones didácticas y sugerencias de evaluación*, México: SEP.
- SEP, (2016) *Propuesta Curricular para la Educación Obligatoria 2016*. México: SEP.