

Gasto energético en las actividades físicas. Una experiencia de modelación matemática en la perspectiva socio-crítica

Mónica Marcela Parra-Zapata; Johana Natalia Parra-Zapata & Jhony Alexander Villa-Ochoa.
monica.parra@udea.edu.co; joha9019@gmail.com; jhony.villa@udea.edu.co
Universidad de Antioquia
Colombia, CO.

Resumen:

En este artículo presentamos una experiencia de modelación matemática desarrollada con estudiantes de Séptimo Grado de Básica Secundaria (12 a 14 años) de la Institución Educativa Villa Flora (Medellín, Colombia). Para su desarrollo, se promovió un ambiente de modelación matemática a partir de algunas características de la perspectiva socio-crítica. El tema elegido fue el gasto energético en una actividad física específica. El ambiente permitió a los estudiantes reconocer el gasto energético según los *metabolic equivalent of task* - MET y discutir los asuntos matemáticos implícitos en él. A partir del trabajo realizado los estudiantes reflexionaron del papel que pueden tener las matemáticas en prácticas nutricionales y cotidianas. También puso en evidencia las limitaciones de los estudiantes para comprender y operar matemáticamente. A partir de la experiencia es posible reconocer la necesaria complementariedad entre un uso crítico de los modelos, los procedimientos y los aspectos conceptuales matemáticos. Lo anterior se convierte en un desafío para los docentes, tanto para el diseño de ambientes de modelación matemática como para la gestión de la clase.

Palabras clave: modelación matemática, perspectiva socio-crítica, gasto energético, MET.

Abstract:

In this paper, we present an experience of mathematical modelling developed with Seventh Grade Secondary School students (12 to 14 years old) of the Institución Educativa Villa Flora (Medellín, Colombia). For its development, we promoted an environment of mathematical modeling based on some characteristics of the socio-critical perspective. The chosen topic was the energy expending in a specific physical activity. The environment allowed the students to recognize the energy expending according to the *metabolic equivalent of task* - MET and discuss the mathematical issues implicit in it. From the work done the students reflected on the role that mathematics could have in nutritional and daily practices. It also highlighted the limitations of students to understand and operate mathematically. From the experience, it is possible to recognize the necessary complementarity between a critical use of models, procedures and mathematical conceptual aspects. This becomes a challenge for teachers, both for the design of mathematical modelling environments and for the management of the class.

Keywords: mathematical modelling, socio-critical perspective, energy expenditure, MET.

Resumo:

O artigo apresenta uma experiência de modelagem desenvolvida com estudantes de sétima série (12-14 anos) da *Instituição Educativa Villa Flora* (Medellín-Colômbia). Para o seu desenvolvimento, promoveu-se um ambiente de modelagem matemática com características da perspectiva sócio-crítica. O tema escolhido foi o gasto energético em uma atividade física específica. O ambiente permitiu aos alunos reconhecer o gasto energético de acordo com o *metabolic equivalent of task*- MET e discutir as questões matemáticas implícitas nele. A partir do trabalho realizado, os alunos refletiram sobre o papel que a matemática pode ter nas práticas nutricionais e cotidianas. Ele também destacou as limitações dos alunos para entender e operar matematicamente. A partir da experiência, é possível reconhecer a complementaridade necessária entre um uso crítico de modelos, procedimentos e aspectos conceituais matemáticos. Isso se torna um desafio para os professores, tanto para o design de ambientes de modelagem matemática quanto para o gerenciamento da classe.

Palavras chave: modelagem matemática, perspectiva socio-crítica, gasto energético, MET.

1 Introducción

La conformación de ambientes de modelación matemática fundamentados en la perspectiva socio-crítica involucra la consolidación de espacios escolares en donde los estudiantes puedan discutir, dialogar y conjeturar acerca del uso de las matemáticas en las demás áreas, en la sociedad y la cotidianidad (Barbosa, 2006; Araujo, 2012; Parra-Zapata y Villa-Ochoa, 2016). En la perspectiva socio-crítica, la modelación no se agota en la creación de tareas en contextos estereotipados solo con el fin de promover el aprendizaje de un contenido o el desarrollo de habilidades de representación (Villa-Ochoa, 2015); por el contrario, se consolidan ambientes que constituyen micro-comunidades en las que se estudian situaciones (planteadas por el profesor o por los mismos estudiantes según sus intereses) en las cuales las matemáticas cumplen un papel para describir, comprender, controlar o prescribir aspectos claves de la situación (Parra-Zapata y Villa-Ochoa, 2016; Molina-Toro y Villa-Ochoa, 2013).

En esta perspectiva, la modelación matemática puede considerarse como un ambiente de aprendizaje en el que se discuten las ideas situadas en el contexto en el que aparecen; ambientes en los que el estudiante toma posturas críticas frente a los fenómenos estudiados y frente a los diferentes roles de las matemáticas en la cotidianidad. Aquí la modelación ofrece la oportunidad de que se represente, analice, y tome decisiones respecto a los fenómenos y problemas enfrentados en la situación (Barbosa, 2006; Araújo, 2012).

En coherencia con las ideas anteriores se propuso a un grupo de estudiantes de Séptimo Grado de Básica Secundaria (12-14 años) estudiar el fenómeno del gasto energético durante una actividad física. Para dar cuenta del desarrollo del ambiente, de sus aportes y desafíos para el aula se estructuró este artículo en tres apartados. En el primero se presentan los referentes conceptuales que apoyan el desarrollo de la experiencia. En el segundo se describe el camino metodológico de la experiencia de modelación matemática, los elementos del trabajo realizado por los estudiantes y se muestran las discusiones y los análisis que surgen. Por último, en el tercer apartado, se presentan las consideraciones finales.

2 Modelación matemática socio-crítica y el gasto energético

En un ámbito educativo, y de acuerdo con los planteamientos de Barbosa (2001), la modelación matemática puede comprenderse como un ambiente en el que se propone a los estudiantes, reunidos en grupos, hacer uso de las matemáticas al resolver problemas que se originaron en la realidad. En este tipo de ambientes las soluciones a los problemas son problematizadas y cuestionadas por el profesor y los estudiantes mismos. El trabajo desarrollado por los estudiantes en estos ambientes contribuye a la formación de estudiantes críticos, conscientes y reflexivos de su realidad (Araújo, 2009). Se espera que la escuela sea un espacio de diálogo entre los diferentes saberes; entre ellos, científico, social, escolar, entre otros, que incorpore el análisis crítico y la capacidad reflexiva que conciba la ciudadanía como una práctica social cotidiana. En esta experiencia se promovió un ambiente de modelación matemática en el que estudiamos el gasto energético, según los *metabolic equivalent of task*– MET, en una actividad física específica. A partir de esto, profesores y estudiantes discutieron asuntos matemáticos y no matemáticos que estuvieron inmersos en la situación, entre ellos, la proporcionalidad, las gráficas estadísticas, el cuidado de la salud y el gasto energético. La temática (gasto energético según MET) se eligió como una manera de dar continuidad a otros procesos que los profesores habían realizado con los estudiantes, como el cálculo del Índice de Masa Corporal-IMC y el análisis de guías para el consumidor (Parra-Zapata, Parra-Zapata, Ocampo-Arenas y Villa-Ochoa, 2016).

La situación se introdujo a partir del reconocimiento de los requerimientos de energía del cuerpo humano para llevar a cabo todas sus actividades y conservar su temperatura. Esta energía está proporcionada por las calorías. La Organización Mundial de la Salud-OMS (1985) ha calculado que, en individuos sanos, las necesidades de energía, denominada gasto energético, se determinan por la Tasa Metabólica Basal (TMB) y sus múltiplos: crecimiento, efecto calorigénico de los alimentos, actividad física y se tiene en cuenta el factor de estrés frente a algún traumatismo. A continuación, en la tabla 1, se describen los componentes del gasto energético.

Una de las causas del aumento de peso tiene que ver con el consumo de más calorías de las que el cuerpo requiere. Para garantizar un balance energético las calorías consumidas deben ser iguales a las



Tasa Metabólica Basal – TMB	Crecimiento	Efecto calorigénico - ECA	Actividad física	Factor de estrés
Es la energía utilizada para el metabolismo basal referida a un periodo de tiempo. Por lo general, se expresa como kilocalorías/24 horas. Representa el valor mínimo de gasto energético compatible con la vida.	Comprende la necesidad de energía para la síntesis del tejido de crecimiento y la energía depositada en estos tejidos principalmente en forma de grasa y proteína.	Es el aumento del gasto energético causado por la ingesta de alimentos e incluye la energía necesaria para la digestión, absorción, transporte, metabolismo y almacenamiento de los macronutrientes.	Es definida como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos y que resultan en gasto energético. En el mundo, el problema de la inactividad física o sedentarismo tiene una alta prevalencia. El indicador de actividad física se expresa tanto de manera continua, en MET-minutos/semana, como de manera categórica, clasificando el nivel de actividad física en bajo, moderado o alto.	Se presenta aumento en el gasto energético cuando ocurre un trauma (enfermedad, fiebre)

Tabla 1:
Componentes del
gasto energético.
Fuente: Los
autores

calorías gastadas. Con solo elegir un ejercicio, se podría contribuir a un mayor gasto energético y a un adecuado estado de salud.

En esta experiencia de modelación se estudió el gasto energético relacionado con la actividad física “montar en bicicleta”. Como se mencionó anteriormente, cuando se realiza alguna actividad física de manera rutinaria se requiere de mayor energía para realizarla. Según Coelho-Ravagnani, Melo, Ravagnani, Burini y Burini (2013) el MET es la unidad de medida del índice metabólico y corresponde a $3.5 \text{ mlO}_2/\text{kg} \times \text{min}$, que es el consumo mínimo de oxígeno que el organismo necesita para mantener sus constantes vitales. Los MET son una manera de calcular los requerimientos energéticos, son múltiplos de la tasa metabólica basal y la unidad utilizada, MET-minuto, se calcula multiplicando el MET correspondiente al tipo de actividad por los minutos de ejecución de esta en un día o en una semana. Por ejemplo, cuando decimos que una persona hace un ejercicio con una intensidad de 15 MET, significa

que está ejerciendo una intensidad 15 veces mayor de lo que haría en reposo. A partir de los planteamientos de Ainsworth et al. (2000) se presentó a los estudiantes una tabla, con la intensidad en MET, de diferentes actividades físicas¹, de la cual los estudiantes tomaron la información relevante para el desarrollo del trabajo.

3 Reflexiones acerca del trabajo realizado por los estudiantes en el desarrollo de la experiencia

La experiencia se desarrolló en el segundo semestre del año 2017, durante siete sesiones de clase, con 42 estudiantes de Séptimo Grado de Básica Secundaria (12 a 14 años) de la Institución Educativa Villa Flora (Medellín, Colombia). La experiencia fue producto de un trabajo colectivo de orientación en el aula, entre dos profesores-investigadores en Educación Matemática y una profesional en nutrición y

¹ Una tabla con la intensidad en MET de diferentes actividades físicas, se encuentra disponible en el sitio web:

<https://sites.google.com/site/compendiumofphysicalactivities/Activity-Categories/bicycling>

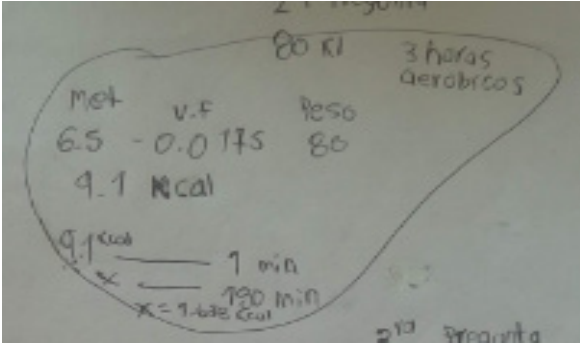


Figura 1: producciones de los estudiantes, agosto de 2017.

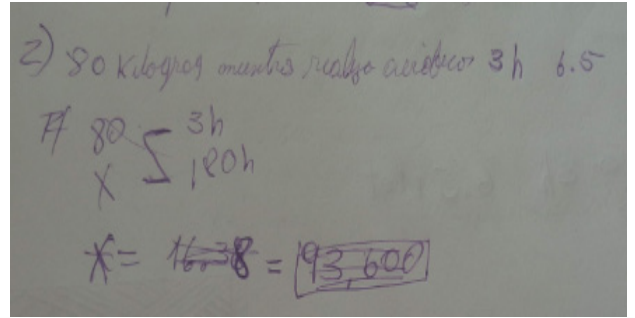


Figura 2: producciones de los estudiantes, agosto de 2017.

dietética. En conjunto, estos tres especialistas diseñaron las preguntas, discutieron los usos e interpretaciones profesionales de los modelos y coordinaron el diseño de los momentos en los cuales se desarrolló el ambiente de modelación en el aula.

En términos metodológicos la experiencia se desarrolló de acuerdo con los cinco momentos de modelación propuestos por Parra-Zapata (2015): (1) reconocer la situación, (2) simplificar asuntos de la situación, (3) recolectar información pertinente para la situación, (4) proponer una solución soluciones de la situación y (5) comunicar los resultados.

En el momento 1, los estudiantes se familiarizaron con las definiciones del gasto energético total. Allí los profesores promovieron el reconocimiento general de los cinco componentes de este gasto y que los estudiantes profundizaran en el componente actividad física. Apoyados en la información de proporcionada por Ainsworth et al. (2000), los estudiantes identificaron los datos correspondientes a la intensidad en MET de diferentes actividades físicas, se estableció una discusión en torno a los siguientes cuestionamientos: ¿Cuáles cantidades aparecen en esta situación?, ¿Cuántas calorías consume una persona que pesa 80 kg mientras realiza aeróbicos durante 3 horas al día?, ¿Qué tipo de actividad física podemos realizar durante una hora para que el gasto energético sea 324 Kcal/m²?, ¿Cuánto será el gasto energético de una persona que pesa 90 kg y conduce su bicicleta durante una hora y luego da una clase de aeróbicos de 2 horas?

Al reconocer los componentes del gasto energético total, los estudiantes manifestaron asuntos como: “cada persona puede tener un gasto energético diferente según el peso y la actividad física que realice” “ne-

cesitamos unos macronutrientes esenciales que son la proteína, grasa y carbohidratos” “para poder solucionar estas situaciones es necesario reconocer qué es un MET, las Kilocalorías y saber el peso de las personas y la actividad física que realizan”, “lo que vamos a calcular no es el gasto energético en sí, sino una parte del gasto, el de la actividad física”.² A partir de ello, es posible observar que los estudiantes se familiarizaron con los componentes del gasto energético total y reconocieron el gasto energético requerido por el cuerpo en una actividad específica. Lo anterior a partir del reconocimiento de las cantidades que aparecen inmersas en la situación.

A partir de la identificación de los componentes del gasto energético total, que se presentó en el Momento 1, los estudiantes pudieron aproximarse también a entender el significado de los números en los contextos específicos. Por ejemplo, en el trabajo evidenciado en la Figura 1 y cuando manifestaron asuntos como: “Profe, yo apliqué una regla de tres, pero me da 93600, eso es imposible; yo por eso lo taché”

Otros estudiantes señalaron:

“Profe, nosotros aplicamos la fórmula para determinar los MET y luego hicimos regla de tres para saber el total por minutos, y nos dio 1678 Kilocalorías. Eso quiere decir que esa persona tiene un buen gasto energético y que hacer aeróbicos es bueno, porque nos ayuda a quemar calorías” (ver figura 2).

En algunos casos, las interpretaciones de los números se realizaron sobre datos erróneos, pues el proceso de cálculo matemático que algunos estudiantes hicieron presentaba inconsistencias.

En la figura 3 se observa que los estudiantes calcularon indistintamente magnitudes que son diferentes; por ejemplo, suman 756, correspondiente al

² Estos y todos los fragmentos citados en el artículo corresponden a producciones de los estudiantes, realizadas en

agosto de 2017.

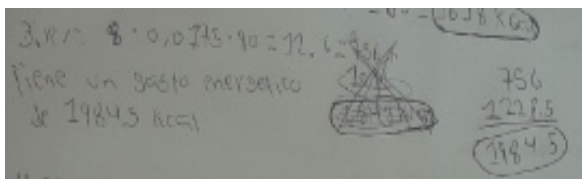


Figura 3: producciones de los estudiantes, agosto de 2017.

número de MET; con 1228.5, correspondiente al número de Kilocalorías para obtener el total del gasto energético.

En el momento 2, luego de la discusión anterior, el grupo de estudiantes eligió estudiar el gasto energético en la actividad física montar en bicicleta. La elección de esta actividad se realizó con la participación de todo el grupo, los estudiantes propusieron esta actividad física dando como argumento para su elección que en el grupo varios estudiantes compiten en diferentes modalidades de ciclismo. Este interés de los estudiantes por el ciclismo fue asociado por los profesores a uno de los programas de bicicleta de la ciudad de Medellín, **EnCicla**.³ Posteriormente, en común acuerdo entre profesores y estudiantes, se decidió analizar el gasto energético en una de las rutas que se pueden realizar en ese Programa.

En este mismo momento los estudiantes identificaron también las rutas disponibles en la ciudad de Medellín y las posibilidades de desplazamiento en ellas. En este proceso, los estudiantes pudieron reconocer que hay diferentes factores para quemar calorías; esto se manifestó, por ejemplo, cuando expresaban “calcular las calorías que se queman en el ciclismo es importante para satisfacer los requerimientos nutricionales y energéticos”, “las calorías que gastamos son según la actividad física que realicemos o según nuestras enfermedades o según lo que hagamos en el día o qué tan estresados estemos”.

En el momento 3 los estudiantes elaboraron una tabla (ver Tabla 2) que muestra los valores de calorías consumidas al usar la bicicleta en **EnCicla**, según el peso del usuario. En este cálculo indicaron los MET en Kcal./min, aplicando el modelo matemático:

$$\text{Kcal/min} = \text{MET} \times 0.0175 \times \text{Peso (Kg)}$$

En este modelo, los estudiantes asumieron el tiempo máximo que se presta una bicicleta en el pro-

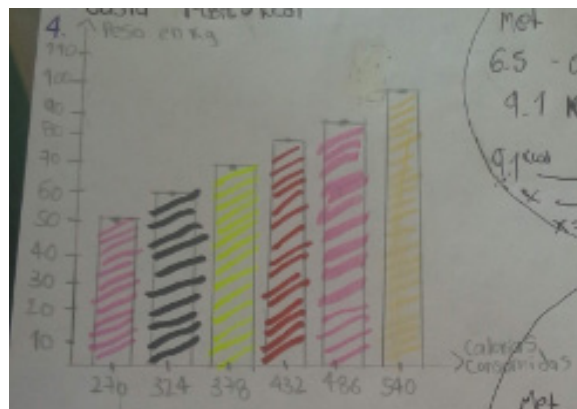


Figura 4: gráfico proporcionado por los estudiantes

grama **EnCicla**, es decir, 60 minutos. Adicionalmente para el valor del MET los estudiantes asumieron un valor de 6Kcal/min, que es el valor correspondiente a la actividad física montar en bicicleta (según la intensidad en MET de diferentes actividades físicas).

En la realización de la tabla (ver Tabla 2) se hicieron evidentes diferentes características de la ecuación, entre ellas la constante de la misma (0.0175), la cual fue cuestionada por los estudiantes en términos de su significado, al respecto manifestaron asuntos como “*Profé porqué es ese valor y no otro*” “*Profé, qué significa 0.0175, ¿son calorías o son MET?*” y “*¿por qué el resultado es en Kcal?*”, y que “*las unidades de medida son raras, no entendemos muy bien porqué MET por peso me da Kilocaloría*”

A partir del desarrollo de la tabla, algunos estudiantes representaron la información en un gráfico de barras (Figura 4) en el que mostraron la relación del peso en kg y las calorías consumidas.

Para la construcción de la tabla 2, los estudiantes hicieron uso de las discusiones y datos que se tuvieron en el momento 1 de la situación. Los procedimientos realizados en las Figuras 1 a 5 constituyen una oportunidad para reflejar algunas concepciones de los estudiantes donde ponen en juego su conocimiento.

En la Figura 5 se observa que los estudiantes hicieron uso del modelo matemático para determinar los MET en Kcal./min y, posteriormente, a través de una regla de tres, determinaron las Kcal en el tiempo dado. En este momento los estudiantes reconocieron que los modelos no se usan de manera arbitraria y que no simplemente se concentran en dar

³ Sistema de bicicletas públicas del Valle de Aburrá. La información del sistema se encuentra disponible en:

<http://www.enciela.gov.co/>

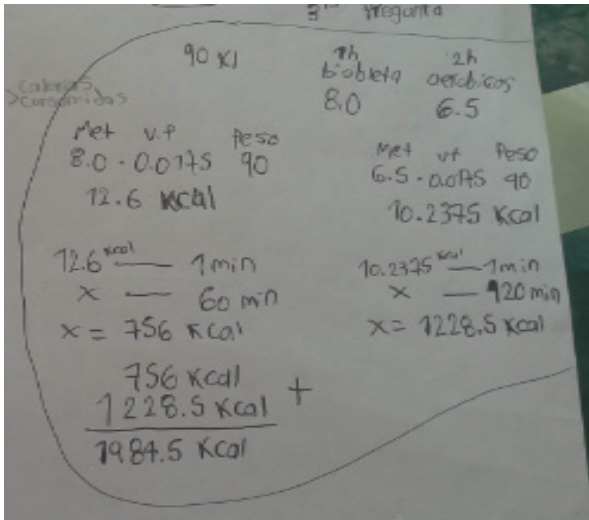


Figura 5: procedimientos realizados por estudiantes.

Peso en Kg	Calorías Consumidas
50	270
60	324
70	378
80	432
90	486
100	540

Al cuestionar al grupo de estudiantes por la aplicación inadecuada de la regla de tres en un contexto en el cuál no es aplicable (ver en la figura 1), ellos señalaron que “lo aplicaron porque al crecer una cantidad, la otra también crecía”. En palabras de Villa-Ochoa (2011), la regla de tres se comprende como un procedimiento que se articula a comprensión de la variación de correlación directa, aun cuando no sea una variación proporcional. Para el autor, eso se debe, en parte a la presencia de ‘imágenes arraigadas’ que se construyen por uso de la proporcionalidad en problemas estereotipados en los que se aplica siguiendo procedimientos repetitivos.

En el momento 4, apoyados en la información que consolidaron en la tabla 2, los estudiantes discutieron en torno a los siguientes planteamientos: ¿Cómo establecer el gasto energético de una persona conociendo su peso y el tiempo que monta bicicleta?, ¿Cómo determinar el tiempo que debe montar bicicleta una persona conociendo su peso y el gasto de calorías requerido?, ¿Cómo se puede representar gráficamente los dos asuntos anteriores?, ¿De cuáles variables depende el gasto energético? ¿Podría cambiar el valor de las calorías consumidas si una persona excede el tiempo permitido de uso de la bicicleta en **EnCicla**?

En el momento 5 se promovió un diálogo entre estudiantes, profesores investigadores y la nutricionista dietista acerca del gasto energético según los MET y sobre los asuntos matemáticos involucrados en su cálculo. En este espacio de diálogo en el que se interrogó a los estudiantes por los aprendizajes que lograron al enfrentarse al ambiente planteado, se observaron reflexiones por parte de los estudiantes respecto a algunas nociones matemáticas y asuntos nutricionales.

En sus respuestas también se observó una preocupación por las matemáticas como herramienta para entender asuntos propios de la situación; por

una respuesta y manejarlo de manera operacional; más allá de ello, reconocieron que los modelos dan cuenta de unas características del fenómeno, esto se asocia con un uso crítico de los modelos. Este uso crítico se refleja en la medida que los estudiantes calculan, interpretan e informan los resultados derivados del modelo en el contexto y condiciones en las que el modelo fue construido; es decir, no se usa de manera arbitraria para informar resultados “a conveniencia” o aplicados a casos que extrapolan las condiciones de la situación para las que fue elaborado el modelo. Otro aspecto que se resalta es que los estudiantes no solo se limitaron a dar sentido a los aspectos matemáticos involucrados en la situación; sino que también, buscaron comprender aspectos relevantes de la situación; en palabras de Villa-Ochoa y Berrío (2015), se configuró un ambiente en el que las matemáticas y el conocimiento extramatemático no se subordinan entre sí.

De otro lado, en la figura 1 se evidencia que los estudiantes tuvieron algunos errores en los cálculos matemáticos que desarrollaron; en este caso, al aplicar inadecuadamente una regla de tres. Los profesores sugirieron a los estudiantes revisar sus procedimientos y problematizaron sus resultados; frente a tales errores, generaron oportunidades para que los estudiantes reflexionaran, discutieran frente a sus propias comprensiones conceptuales y procedimientos acerca de las relaciones proporcionales. En este caso, los contraejemplos y el estudio de las condiciones para la proporcionalidad permitieron ampliar la visión frente al uso con mayor sentido de la regla de tres.

- modelos matemáticos para el aula de clase. *Números. Revista de didáctica de las matemáticas*, 92, 21–33.
- Parra-Zapata, M. M., y Villa-Ochoa, J. A. (2016). Interacciones y contribuciones. Formas de participación de estudiantes de quinto grado en ambientes de modelación matemática. *Actualidades Investigativas en Educación*, 16(3), 1–27. <https://doi.org/10.15517/aie.v16i3.26084>
- Villa-Ochoa, J.A. (2011). La comprensión de la tasa de variación para una aproximación al concepto de derivada: un análisis desde la teoría de Pirie y Kieren. Tesis de Doctorado (no publicada), Facultad de Educación, Universidad de Antioquia, Medellín
- Villa-Ochoa, J.A (2013). Miradas y actuaciones sobre la modelación matemática en el aula de clase. Taller realizado en VIII Conferência Nacional sobre Modelagem Matemática na Educação Matemática (Junio 5 al 7 de 2013). Santa Maria-RS, Brasil.
- Villa-Ochoa, J. A. (2015). Modelación matemática a partir de problemas de enunciados verbales: un estudio de caso con profesores de matemáticas. *Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 8(16), 133. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.m8-16.mmpe>.
- Villa-Ochoa, J. A., & Berrío, M. J. (2015). Mathematical Modelling and Culture: An Empirical Study. En G. A. Stillman, W. Blum, & M. S. Biembengut (Eds.), *Mathematical Modelling in Education Research and Practice, International Perspectives on the Teaching and Learning* (pp. 241–250). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18272-8_19



Como citar este artículo:

Parra-Zapata., M. M., Parra-Zapata., J. N., Villa-Ochoa, J.A. (2017). Gasto energético en las actividades físicas. Una experiencia de modelación matemática en la perspectiva socio-crítica. *RECME. Revista Colombiana de Matemática Educativa*, 2(1), 57-64.

RECONOCIMIENTOS

A la Institución Educativa Villa Flora-Medellín-Colombia, en especial a, Carlos Alberto Mazo Loaiza (rector), por posibilitar que esta experiencia se llevara a cabo y a los estudiantes participantes (Séptimo grado-2017) por aceptar participar, por su compromiso, entrega y dedicación en cada una de las acciones que emprendimos en el desarrollo de esta experiencia de aula.