

# Una propuesta para la apropiación del concepto de función con base en la modelación de fenómenos enmarcado en el método STEM de enseñanza

A Proposal for the Appropriation of the Function Concept Based on the Modelling of Phenomena within the Framework of the STEM Teaching Method

Iván Esteban Pérez Vera\*  
Ángela Silva Salse\*\*

## Resumen

Con base en la integración de las ciencias que establece el método STEM, se propone una secuencia que transita por el diseño de un vehículo impulsado por energía generada por un globo al liberar el aire, una fase experimental en la que se realizan ajustes al vehículo y se pone en ejecución su funcionamiento. Posteriormente, con la ayuda de grabaciones realizadas con las cámaras de teléfonos celulares, se realiza un análisis y recolección de datos, en particular el tiempo contra la distancia recorrida, se grafican los puntos obtenidos en el plano cartesiano y se reflexiona sobre qué tipo de función es la que puede llegar a representar de mejor forma el fenómeno. Partiendo de la reflexión sobre el fenómeno experimental, se modela tomando como base una función lineal, tanto en los modelos gráficos como en el algebraico. Se analizan los resultados obtenidos y se presentan conclusiones sobre la experiencia.

**Palabras clave:** STEM, modelación, representaciones.

---

\* Magíster en Educación Matemática, Universidad de los Lagos. Académico de Pedagogía en Matemática y Estadística, Universidad de las Américas. Correo electrónico: [ivan.perez@udla.cl](mailto:ivan.perez@udla.cl).

\*\* Doctora en Educación y Democracia, Universidad de Barcelona. Coordinadora de Investigación, Facultad de Educación, Universidad de las Américas. Correo electrónico: [asilvas@udla.cl](mailto:asilvas@udla.cl).

## Abstract

Based on the integration of sciences established by the STEM method, a sequence is proposed that includes the design of vehicle propelled by energy generated by a balloon after air release – an experimental phase during which some adjustments are performed to the vehicle and executes its functioning. Subsequently, with the help of cellphone recordings, an analysis and collection of data are performed (particularly the time vs distance covered), the points obtained are plotted on the Cartesian plane, and it is considered what function type represents the best that phenomenon. Starting by the reflection on the experimental phenomenon, a linear function is modelled, in both graphic and algebraic models. The results are analyzed and the conclusions on the experience are presented.

**Keywords:** STEM, modelling, representations.

## 1 Antecedentes

En este trabajo se presenta una propuesta para la apropiación del concepto de función con base en la modelación de fenómenos enmarcado en el método STEM de enseñanza. En nuestro caso se incorporan tres elementos que se deben triangular: tabulación, generación de gráficos y establecimiento de la función.

A partir de esta experiencia se busca el logro de un aprendizaje profundo entendido, como señala Biggs (2006): “(...) abordar la tarea de forma adecuada y significativa, de manera que el estudiante trate de utilizar las actividades cognitivas más apropiadas para desarrollarla” (p. 35).

De esto surge de la necesidad de investigar en la propia docencia—con la finalidad, según Latorre (2003), de mejorarla—, lo que en términos globales contribuye a generar investigación en educación para crear cambios, revisar el conocimiento y lograr una mejor educación (Ibernón, 2002).

¿Por qué es necesario desarrollar una investigación de la propia docencia? Porque, como señalan Brubacher, Case y Reagan (2000), los docentes deben generar la toma de decisiones docentes de forma racional y evaluando alternativas. Por ello, cobra cada vez más relevancia construir un conocimiento basado en la investigación, y es eso lo que se desarrolla en la asignatura de Cálculo I.

Para ello entenderemos la *modelación* a partir del concepto descrito por Arrieta y Díaz (2015), quienes la describen como una práctica de articulación de dos entes para actuar sobre uno de ellos —lo modelado— a partir del otro —el modelo—.

En cuanto a la experiencia en sí misma, tomaremos lo que establecen Ferreira y Rodríguez (2011) en un estudio sobre las estrategias de enseñanza de la tercera ley de Newton, quienes la señalan como uno de los conceptos que se presenta con mayor frecuencia en el estudio de la física y el movimiento: en su forma fuerte se establece que, cuando un cuerpo aplica una fuerza sobre otro, este último reacciona con una fuerza de igual magnitud y dirección, pero con sentido opuesto. Ante lo expuesto anteriormente se establece la necesidad de modelar un fenómeno de movimiento asociado a la tercera ley de Newton, dar sentido al modelo gráfico generado desde del fenómeno y la articulación con el modelo algebraico, tomando como base una representación tabular.

Sobre los gráficos en la educación escolar, Díaz y Pérez-Vera (2016) manifiestan que las gráficas son curricularmente abordadas en el penúltimo nivel de primaria en el eje temático denominado *álgebra y funciones*, pero sin asociarlas explícitamente al concepto de función. Solo a partir del último nivel de primaria aparece el concepto de función descrito y ejemplificado con gráficas cartesianas como una forma de responder a los comportamientos de las curvas asociadas sin que estas den sentido a un fenómeno, por lo que se transforma en una representación de sí misma.

Por tanto, debemos considerar que la experiencia en la matemática escolar presenta otras lógicas y no se encuentra asociada al triángulo descrito con anterioridad.

Finalmente, debemos comprender la importancia de STEM. Según Schulz (2016), en relación con los nuevos desafíos educativos, los currículos para enseñanza básica y media hablan de concentrarse en prácticas y habilidades para aprender a construir modelos, tanto físicos, biológicos, computacionales como matemáticos; plantean integrar las ciencias y dejar de aprenderlas por separado, lo que se denomina STEM (la sigla en inglés de *science, technology, engineering and mathematics* —ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas—), e integrarlas con humanidades y artes. En suma, se trata de dejar de ver las asignaturas como compartimentos estancos.

## 2 Problemática y objetivos

Esta experiencia pretende evidenciar la apropiación del concepto de función con base en la construcción de este por medio de la experimentación.

Adicionalmente se busca generar oportunidades de aprendizaje (Facultad de Educación PUC; CEP-PE-UC; UMCE; Fundación Chile, 2015) en el ámbito disciplinar para los estudiantes de formación docente inicial, con el fin de que ellos puedan establecer un modelo de acción que permita incorporar las prácticas de modelación escolar al método STEM de aprendizaje. Es decir, que no solo se acerquen a la disciplina desde lo teórico, sino que incorporen prácticas que les permitan lograr un conocimiento didáctico del contenido (Shulman, 2005).

## 3 Antecedentes metodológicos

### 3.1 Diseño de la experiencia

El diseño de esta experiencia se construye sobre la base de STEM, y se plantea una experiencia de modelación de un fenómeno que involucre el desplazamiento de un vehículo impulsado por la energía generada por el vaciado del aire de un globo.

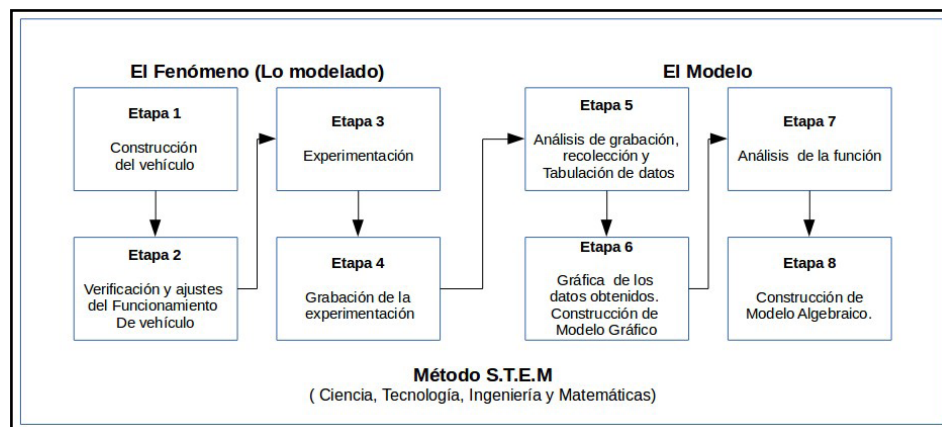
A nivel docente se estudian las distintas necesidades que pueden surgir en el aula y se decide reproducir

de forma integral todo el proceso, iniciando desde la construcción misma del vehículo. Esto se realiza bajo una doble mirada: docente ayudante, como observadores participantes, y un externo, que solo revisa las evidencias.

Se propone un modelo secuenciado de acción con base en este método, incorporando el proceso de modelación matemática. Este modelo busca construir desde la experimentación hasta llegar a construir diversos tipos de representaciones del fenómeno.

En la fase de experimentación (el fenómeno, lo modelado) se involucran cuatro etapas: construcción del vehículo, verificación y ajuste de su funcionamiento, experimentación y grabación.

En la fase de modelo se pasa por el modelo tabular, el modelo gráfico, hasta llegar al modelo algebraico (este proceso se ha creado de forma arbitraria entendiendo que se debe sostener una triangulación del fenómeno a partir de los tres), como se puede apreciar en la figura 1.



**Figura 1.** Modelo de acción STEM-Modelación

### 3.2 Diseño de la investigación: estudio de caso (cualitativo)

La experiencia anterior se investigará según el diseño de un estudio de caso a través de la metodología cualitativa, con una recopilación de evidencias sustentada en la observación. Para ser más específicos, se realizará un estudio de caso único el que se entiende como “(...) un determinado fenómeno ubicado en tiempo y espacio” (Neiman y Quaranta, 2006: 217).

¿Por qué realizar un estudio de caso? Desde la perspectiva teórica, Sandín (2003) justifica el estudio de casos principalmente porque el tipo de análisis apunta al conocimiento de formas de pensamiento, cuestión que tiene un carácter individual y comprensivo del que se espera generar teoría. Esta metodología presupone que el conocimiento es esencialmente un producto social que se extiende o cambia continuamente de la misma manera que cambia la realidad concreta y no está separado de la práctica.

Desde una concepción práctica, corresponde a la metodología que permite resolver de mejor forma el problema.

### 3.2.1 Actores

Esta actividad se enmarca en un estudio de caso y aborda un caso de análisis compuesto por nueve estudiantes de la carrera de Pedagogía en Matemática y Estadística de la Universidad de las Américas (sede Providencia, Santiago) que cursan la asignatura de Cálculo I. El docente a cargo fue Iván Pérez, quien, junto con su ayudante Caroline Salazar, diseñó la experiencia y recoge las evidencias que son analizadas en esta investigación.

### 3.2.2 Proceso de observación

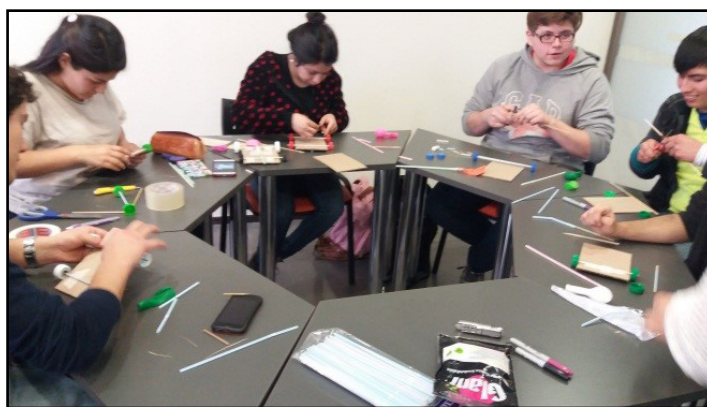
Para los fines que se persiguen, la observación corresponde al proceso que permite obtener mayor información. Esta es definida por Bravo (1984) como la inspección y estudio realizado por el investigador, mediante el empleo de sus propios sentidos, con o sin ayuda de aparatos técnicos, de las cosas o hechos de interés social, tal como son o tienen lugar espontáneamente.

Van Dalen y Meyer (1981) consideran que la observación desempeña un papel muy importante en toda investigación porque le proporciona uno de sus elementos fundamentales: los hechos.

## 4 Experimentación

### 4.1 Etapa 1: construcción del vehículo

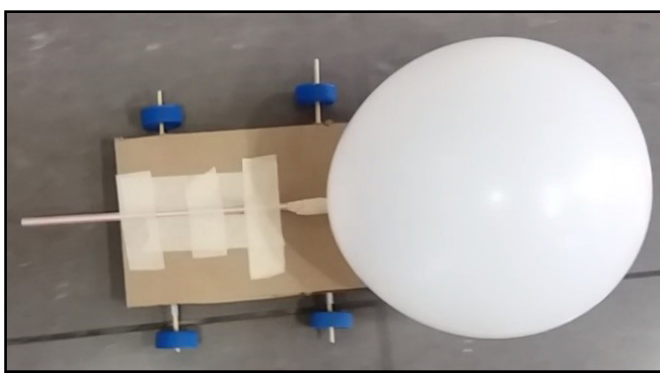
Se establece como etapa 1 la construcción del vehículo por parte de los estudiantes, se trabaja con los materiales necesarios ya dispuestos por el docente que ejecuta la intervención, quien ha diseñado un modelo inicial del vehículo que ha de servir como guía inicial para que cada estudiante construya el propio.



**Figura 2.** Estudiantes construyendo su vehículo

## 4.2 Etapa 2: verificación y ajustes

En la segunda etapa se realizan pruebas con el vehículo, se verifica que todo funciona correctamente o se evalúa si es necesario realizar ajustes o, en definitiva, si es necesario iniciar una nueva construcción. Esta etapa debe realizarse hasta que el estudiante logre y sienta que tu vehículo cumple con las condiciones necesarias para funcionar. Es posible que algunos estudiantes se estanquen, por lo que se hace necesaria la guía e intervención del profesor. Algunos de los ajustes que se presentan con mayor frecuencia tienen que ver con la ubicación del globo en la estructura del vehículo, la alineación de las ruedas u otro factor que interfiera en la liberación del aire por parte del globo, lo que finalmente provoca que el vehículo no se desplace.



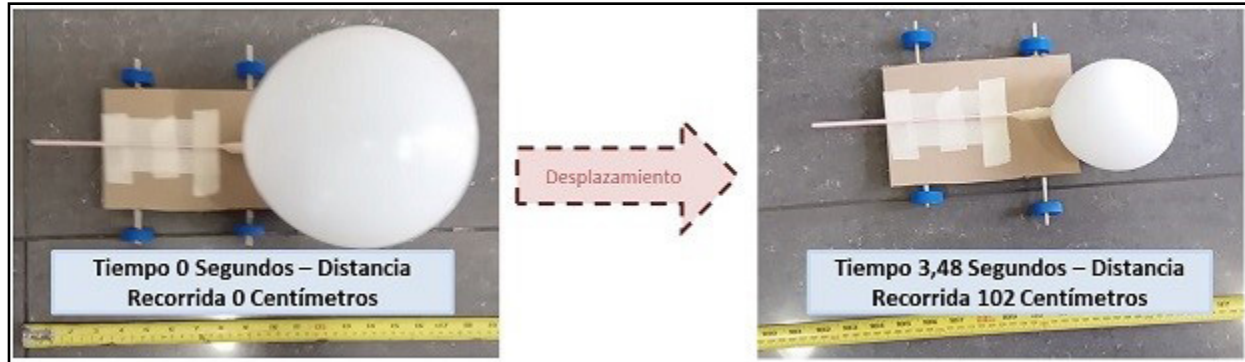
**Figura 3.** Vehículo finalizado

## 4.3 Etapa 3: experimentación

La etapa tres consiste en la realización del experimento: el vehículo diseñado debe desplazarse sobre una superficie graduada que permitirá identificar la relación entre la distancia recorrida y el tiempo de desplazamiento.

## 4.4 Etapa 4: grabación

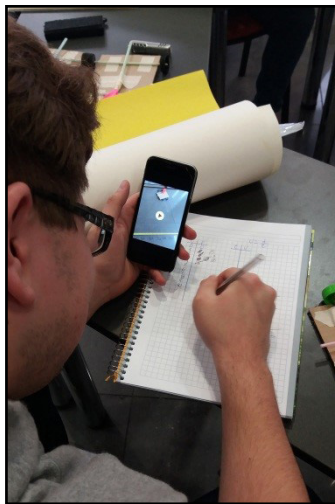
En esta etapa se realiza la grabación del desplazamiento, con el fin de poder recopilar la mayor cantidad de información posible (fig. 4). Para ello, los estudiantes utilizan sus teléfonos celulares, los que además permiten cronometrar el desplazamiento realizado por el vehículo. Por recomendación de la docente, en esta etapa el trabajo se realiza en parejas, para que un estudiante pueda ejecutar el experimento y el otro, grabar. Inicialmente no todas las grabaciones de los experimentos fueron de calidad, por lo que, en general, fue necesario realizar varias sesiones de grabación hasta llegar a un resultado deseable.



**Figura 4.** Identificación del movimiento del vehículo

#### 4.5 Etapa 5: análisis de la grabación

En la etapa cinco se analiza el fenómeno desde la grabación, se realizan tabulaciones tiempo distancia, con lo que se genera el modelo tabular que se presenta como el primer registro del fenómeno (fig. 5).

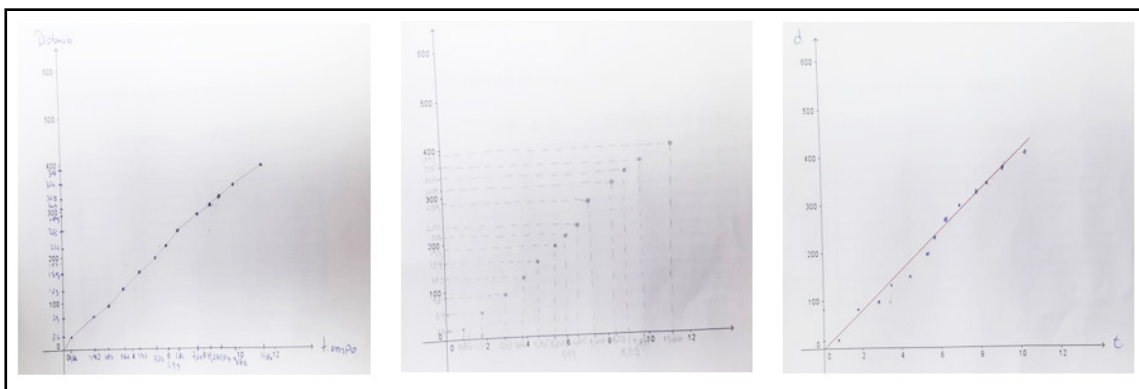


**Figura 5.** Análisis de la grabación

#### 4.6 Etapa 6: gráfica de datos

Se grafican los puntos obtenidos en el plano cartesiano y se discute qué curva los representa de mejor forma; se realizan trazos que se aproximan en mayor o menor medida a los puntos obtenidos (fig. 6).





**Figura 6.** Gráfica de curvas y trazos

#### 4.7 Etapa 7: Análisis de la función

De forma grupal se analizan los gráficos obtenidos y se discute sobre funciones estudiadas con anterioridad (función lineal, función cuadrática, función raíz cuadrada, entre otras); de igual forma, los estudiantes proponen realizar un análisis de la función por tramos.

#### 4.8 Etapa 8: construcción del modelo algebraico

En esta etapa, los estudiantes deciden representar el movimiento construyendo una función lineal. La estrategia utilizada de forma general fue la selección de dos puntos y el trazado de la recta que pasa por estos.

$$\begin{aligned}
 & (0,86, 22) / (11,66, 391) \\
 & x_1 = 0,86 \quad x_2 = 11,66 \\
 & y_1 = 22 \quad y_2 = 391 \\
 & y - 22 = \frac{391 - 22}{11,66 - 0,86} (x - 0,86) \\
 & y - 22 = \frac{205}{6} (x - 0,86) \\
 & y = \frac{205}{6} x - \frac{176,3}{6} + 22 \\
 & y = \frac{205}{6} x - \frac{154,3}{6} \quad \text{función lineal.}
 \end{aligned}$$

**Figura 7.** Modelo algebraico, estudiante 1



la función que mejor se presente es la función lineal, dada por los puntos  $(0,0)$  y  $(8,23; 308)$

$$y - 308 = \frac{308}{8,23} (x - 8,23) \Rightarrow y - 308 = \frac{308}{8,23} x - 308$$

$$\Rightarrow y = \frac{308}{8,23} x \Rightarrow y = 37,42x$$

**Figura 8.** Modelo algebraico, estudiante 2

## 5 Conclusiones

La oportunidad de los estudiantes de trabajar bajo el método STEM de aprendizaje brindó la posibilidad de incorporar diversas aristas generalmente no asociadas a la matemática escolar; conjugar conceptos de tecnologías, física y ciencias naturales bajo un mismo objetivo permitió dar enfoques tradicionalmente ajenos al análisis realizado en la actividad matemática.

Desde la modelación se logra que los estudiantes generen la articulación del fenómeno y diversos modelos (tabular, gráfico y algebraico), siempre analizando el experimento realizado al generar las diversas representaciones. El modelo y lo modelado cobran un sentido que se fortalece cada vez que se reproduce la situación experimental, que, si bien se propone en un sentido establecido, permite avanzar en la construcción esperada.

La gráfica cartesiana que se construye sobre la base del modelo tabular permitió a los estudiantes significar el sentido de esta, siendo capaces de visualizar el movimiento en la curva generada e identificar en la gráfica los distintos momentos de la experimentación. Los estudiantes analizan el comportamiento del fenómeno y son capaces de tomar decisiones en cuanto a la función que describe el comportamiento del fenómeno.

Sobre la base de un constante análisis, tanto del fenómeno como de sus diversas representaciones, los estudiantes van construyendo diversas nociones que convergen con distinta fuerza en el concepto de función, la que se entiende no como una representación que actúa sobre sí misma, sino que adquiere un significado conceptual mayor al ser su construcción el producto de una experimentación; es decir, que no se trata solo de una agrupación de símbolos que se pueden operar: se trata de un fenómeno representado en otro lenguaje.

## Referencias bibliográficas

- BIGGS, J. (2006). *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Narcea.
- BRUBACHER, J., CASE, C. Y REAGAN, T. (2000). *Cómo ser un docente reflexivo. La construcción de una cultura de indagación en las escuelas*. Barcelona: Gedisa.
- DÍAZ QUEZADA, V., Y PÉREZ VERA, I. (2016). “Uso de gráficas en una situación de modelación del movimiento en matemática en la enseñanza secundaria en Chile”. *PARADIGMA*, 37(1), 161-180.
- FACULTAD DE EDUCACIÓN (PUC; CEPPE-UC; UMCE; FUNDACIÓN CHILE. (2015). *Mejor pedagogía*. Recuperado el 4 de noviembre de 2016, de Proyecto FONDEF D11109: <http://www.mejorpedagogia.cl/desafio.html>
- FERREIRA, J. Y RODRÍGUEZ, R. (2011). “Efectividad de las actividades experimentales demostrativas como estrategia de enseñanza para la comprensión conceptual de la tercera ley de Newton en los estudiantes de fundamentos de Física del IPC”. *Revista de investigación*, 35(73), 4-24.
- IBERNÓN, F. (2002). *La investigación educativa como herramienta de formación del profesorado. Reflexión y experiencias de investigación educativa*. Barcelona: Grao.
- LATORRE, A. (2003). *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona: Grao.
- NEIMAN, G. Y QUARANTA, G. (2006). “Los estudios de caso en la investigación sociológica”. En I. V. (coordinadora), *Estrategias de investigación cualitativa* (pp. 213-237). Barcelona: Gedisa.
- PAPERT, S. Y HAREL, I. (2002). *Situar el constructivismo*. Alajuela (Costa Rica): INCAE.
- SCHULZ, R. A. (2016). “STEM y Modelamiento Matemático”. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 15, 291-317.
- SHULMAN, L. (2005). “Conocimiento y Enseñanza: Fundamentos de la Nueva Reforma” (Knowledge and Teaching: foundations of the New Reform). *Profesorado. Revista de Curriculum y Formación del profesorado*, 9(2), 1-30.