

# PRÁCTICAS DE ENSEÑANZA DEL PROCESO DE MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN SECUNDARIA EN BOGOTÁ, COLOMBIA

Blanca Cecilia Fulano Vargas

blanca.fulano@gmail.com

Universidad de Baja California, México

## Resumen

*Este artículo presenta los avances de la investigación titulada "Prácticas de enseñanza del proceso de modelización matemática en educación básica de Bogotá, Colombia". El objetivo es describir los elementos implícitos y explícitos que subyacen a las prácticas de los profesores de matemáticas al desarrollar proceso de modelización. El diseño metodológico del estudio es de tipo no experimental, bajo un enfoque cualitativo. La población de estudio corresponde a 18 profesores de los diferentes colegios distritales de Fontibón de la ciudad de Bogotá, Colombia. Cabe destacar que, a partir del marco teórico se proponen dos categorías de investigación "el saber teórico" y "el saber práctico". Por otra parte, se consolida un instrumento que permiten evidenciar los elementos que subyacen en las prácticas de los profesores y en el transcurso del segundo semestre de 2019 se aplicará el instrumento a los docentes de matemáticas que orientan grado noveno.*

**Palabras clave:** Prácticas, modelización, currículo, didáctica.

## Introducción

La matemática es una herramienta poderosa ya que permite comprender y predecir de alguna manera diferentes fenómenos, la modelación le permite al hombre describir una situación en términos de sus variables. Por lo tanto, el desarrollar el proceso de modelización en las aulas de clase es fundamental en el quehacer docente. Smester (2017) reconoce que *el proceso educativo exige mayor entrega de los profesores para que los estudiantes comprendan el alcance de la modelación en el mundo contemporáneo, escenario en el que cada vez se utilizan más las tecnologías de la información y las comunicaciones*. Es así como los elementos pedagógicos, didácticos propuestos desarrollados en el aula por el profesor, constituyen el pilar fundamental para dotar a los alumnos con herramientas que les permitan simular modelos y analizarlos a la luz de los datos iniciales, permitiéndoles entender los fenómenos y a su vez realizar predicciones.

Efectivamente, la modelación tiene vital importancia ya que además de ayudar a comprender el mundo de individuo, permite que este sea más eficiente en la toma de decisiones, por ende, dotar

a los estudiantes de herramientas necesarias para propender por el desarrollo del proceso de modelación se hace necesario en las aulas escolares. Por lo tanto, se ve la necesidad de realizar una investigación que permita evidenciar en los profesores de colegios distritales de la localidad novena de Fontibón de la ciudad de Bogotá información sobre sus prácticas especialmente en el trabajo con la modelación matemática lo cual permitirá consolidar una teoría para ser validada como propuesta curricular que permita aportar a las políticas educativas de calidad de las instituciones distritales del proceso de modelación.

## **Objetivos de la investigación**

### **General**

Describir los elementos implícitos y explícitos que subyacen a las prácticas de los profesores de matemáticas al desarrollar proceso de modelización

### **Específicos**

- ❖ Identificar los aspectos conceptuales sobre el proceso de modelización que tienen los profesores de matemáticas de básica secundaria de colegios distritales de la localidad Fontibón en Bogotá.
- ❖ Analizar los componentes didácticos que permean las prácticas de los profesores al desarrollar el proceso de modelización en noveno de educación básica secundaria de colegios distritales de la localidad Fontibón en Bogotá.
- ❖ Distinguir los elementos curriculares que orientan las prácticas de los docentes al desarrollar el proceso de modelización matemática de educación básica secundaria.

### **Marco Teórico**

Al construir el marco teórico se tienen en cuenta tienen aspectos didácticos desde la matemática aspectos epistémicos sobre el proceso de modelización y aspectos de la configuración normativa de la enseñanza de la matemática en Colombia

En primera instancia el enfatizar en algunos elementos importantes en lo referente a la Didáctica de las matemáticas se tiene que, por una parte, desde la perspectiva antropológica de la didáctica, se reconoce la praxeología como una configuración entre la praxis y el logos. Según Chevallard (1999) *la praxis se refiere a la práctica, el conocimiento de alguna manera, mientras que el logos se refiere a la teoría, el discurso que describe, legitima, explica, la praxis que se propone*. Por otra parte, se reconoce el análisis epistemológico de la ingeniería didáctica basada en lo semiótico (Godino, Rivas, Arteaga y otros 2014). De acuerdo con Godino, Batanero y Font (2011) *el modelo ontologosemiótico aporta herramientas teóricas para analizar conjuntamente el pensamiento matemático*. Así mismo, se tienen en cuenta facetas del conocimiento matemático que pueden ayudar a confrontar y articular la investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje y progresar hacia un modelo unificado de la cognición e instrucción matemática.

El modelo ontológico-semiótico de la cognición proporciona criterios para identificar los estados posibles de elementos epistémicos y cognitivos, y la adopción de la negociación de significados en la configuración didáctica que el docente propone y que se involucra un sistema de prácticas. Es así como se reconoce que el docente tiene la capacidad de organizar la instrucción, en este sentido, se puede hablar de la idoneidad de instrucción que se define como la articulación coherente y sistémica de las seis componentes epistémica, cognitiva, interaccional, mediacional, afectiva y ecológica. A su vez el conjunto de estos seis componentes de acuerdo con Godino y otros (2005) *forman la dimensión normativa la cual permite: valorar la pertinencia de las intervenciones de profesores y alumnos teniendo en cuenta el conjunto de normas, y su tipología, que condicionan la enseñanza y los aprendizajes.*

Por otra, parte, de acuerdo a los enfoques didácticos se puede decir, que la triada epistemológico, semiótico y fenomenológico determinan una forma de actuación del profesor de matemática frente al conocimiento que enseña o en este caso frente a la actividad matemática que pretende desarrollar en el aula escolar, los conceptos, las formas de representar un objeto y las situaciones son aspectos inherentes en el proceso de enseñanza. Para el caso de la enseñanza del proceso de modelación, Ärlebäck, Doerr y O'Neil (2013) afirman que *la modelización puede ser usada como vehículo que permite el desarrollo de conceptos matemáticos, con lo que es preciso enseñar y aprender a modelizar.* En este sentido, para el docente debe ser muy importante responder cuestiones sobre ¿cómo desarrollar el proceso de modelización en sus estudiantes?; ¿qué fenómenos son importantes tener en cuenta a la hora de proponer tareas o actividades sobre modelización?; ¿Qué estrategias utiliza para alcanzar los objetivos previstos? entre otras.

En segunda instancia, se prioriza la construcción teórica sobre el proceso de modelización matemática que corresponde a revelar las preguntas ¿Qué es un modelo matemático? ¿Qué es modelización matemática? ¿Qué aspectos se deben tener en cuenta para desarrollar el proceso de modelización matemática? (Ärlebäck, Doerr y O'Neil 2013; Tan y Ang 2015; Stillman, Blum y Kaiser, 2018). En primera instancia la definición de modelización matemática (MM) depende de los objetivos a los que apunten. Según, Schmidt (2010) *MM refiere el uso de las matemáticas para resolver problemas reales y abiertos, la definición exacta varía en función de los objetivos, qué modelo se está utilizando y la naturaleza del contexto asignado a la tarea de modelización.*

En tercera instancia, se reconoce desde la normatividad en Colombia algunas orientaciones sobre la enseñanza de la matemática frente a la modelización, es así como por primera vez en los lineamientos MEN (1998) se incluye el proceso de modelación en el currículo de matemáticas definiéndolo como *un proceso que permite a los alumnos observar, reflexionar, discurrir, explicar y predecir. Todos los alumnos necesitan experimentar procesos de matematización que conduzcan al descubrimiento, creación y utilización de modelos en todos los niveles.* Ocho años después en el documento de los Estándares de Matemáticas MEN (2006) se define el modelo *como un sistema que implica una representación figurativa mental, gráfica, tridimensional que reproduce la realidad en forma esquemática en determinada forma lo que permite hacerla más*

*comprensible*, Además en este documento se proponen unos estándares de acuerdo al ciclo y por campos de pensamiento.

Hasta aquí se delinear algunos elementos teóricos que se consideran importantes de un marco teórico, extenso y complejo que configuran un cuerpo teórico desde lo epistémico, didáctico, ontológico y curricular frente al tema en cuestión.

## **Metodología**

### **Tipo de estudio**

La investigación será abordada bajo el enfoque cualitativo. En este sentido, Marshall y Rossman (1999) *mencionan que la investigación cualitativa es pragmática, interpretativa y asentada en la experiencia de las personas*, en este sentido, la presente investigación supone la inmersión en la vida cotidiana de los docentes al realizar sus prácticas; la valoración y el intento por reconocer en el quehacer cotidiano los elementos que subyacen al desarrollar el proceso de modelización con los estudiantes.

En otros términos, dado que la investigación cualitativa se fundamenta en una perspectiva interpretativa la investigación estará centrada en el entendimiento del significado de las acciones de los profesores de lo que sucede al interior del aula de matemáticas reconociendo en las prácticas cotidianas aspectos importantes sobre ¿qué enseñar?, ¿cuándo enseñar? Y ¿cómo enseñar?, cómo estructurar las actividades que habrán de enseñarse y habrán de aprenderse y qué, cómo y cuándo evaluar.

### **Diseño**

El diseño que se utilizará en el estudio es diseño fenomenológico. Heidegger (2006) precisa que la fenomenología *se enfatiza en la ciencia de los fenómenos; ésta consiste en permitir ver lo que se muestra, tal como se muestra a sí mismo y en cuanto se muestra por sí mismo; es decir, un fenómeno objetivo verdadero y científico*. El profesional docente expresa sus prácticas una didáctica, el currículo que propone en su quehacer cotidiano a través de las decisiones que toman frente a las propuestas metodológicas. La fenomenología se dirige al estudio de la experiencia vivida del docente en el aula de clase como protagonista de la enseñanza del proceso de modelización y busca describir los significados de las prácticas de los individuos a través del análisis de sus descripciones.

Por otra parte, se elige especificar la investigación como un estudio de caso. De acuerdo con Martínez (2009) *las investigaciones realizadas a través del método de estudio de caso pueden ser: descriptivas, si lo que se pretende es identificar y describir los distintos factores que ejercen influencia en el fenómeno estudiado*. Además, se tiene que una de las características más importante de un estudio de caso es que se trata del estudio en profundidad de una situación, evento o caso concreto, de tal forma que se toma en cuenta principalmente sus características internas pero también el contexto en el que se produce. Por lo tanto, a partir de las diferentes

posturas teóricas reconocidas se proponen diferentes categorías que permiten reconocer en la investigación las prácticas de los profesores en la enseñanza del proceso de modelización.

### **Población objeto de estudio**

En la presente investigación es importante estudiar los casos que ayuden a entender el fenómeno de las prácticas profesores, por lo tanto, la población objeto de estudio son los docentes quienes se caracteriza por ser de expertos esto significa que las unidades a seleccionar en este caso los profesores son expertos en el tema al orientar el área de matemáticas específicamente en grado noveno, último año de la educación básica. En la tabla 1, se presentan los datos referidos a los docentes pertenecientes a instituciones públicas de la localidad de Fontibón.

Tabla 1.

#### *Población objeto de estudio*

| Nombre de la Institución                      | Cantidad<br>de profesores de matemáticas |
|---|--|
| Colegio Antonio Vanuden (IED)                 | 2  |
| Colegio Atahualpa (IED)                       | 2  |
| Colegio Carlo Federici (IED)                  | 2  |
| Colegio Costa Rica (IED)                      | 2  |
| Colegio Instituto Técnico Internacional (IED) | 2  |
| Colegio integrado de Fontibón Ibep (IED)      | 2  |
| Colegio Luis Ángel Arango (IED)               | 2  |
| Colegio Rodrigo Arenas Betancourt (IED)       | 2  |
| Colegio Villemar el Carmen (IED)              | 2  |
| Colegio Pablo Neruda                          | 2  |
| Total Instituciones 11                        | Total docentes: 18                       |

*Fuente: Elaboración propia*

### **Categorías de investigación**

Se construyen dos categorías emergentes a partir de la teoría. El primero es el “saber teórico”, que implica reconocer las concepciones que los docentes tienen sobre el modelado matemático, el proceso matemático, los ciclos de modelado y las representaciones, la segunda categoría es el “saber práctico”, que incluye gestión, didáctica, evaluación y reflexión. Además, para cada categoría, se proponen indicadores que permiten caracterizar los elementos implícitos y explícitos

presentados en las prácticas de los profesores de matemáticas, para desarrollar el proceso de modelado. Finalmente, se propone un instrumento para reconocer los elementos pedagógicos y didácticos validados por expertos internacionales en educación matemática

### Categorías de análisis

De acuerdo con Rivas (2015) una categoría de análisis *es una estrategia metodológica para describir un fenómeno que estamos estudiando mediante categorías de estudio que se sugiere nunca sean mayores de cinco*. Las categorías de la presente investigación surgen a partir de la revisión de la teoría, se identificaron dos categorías y las correspondientes subcategorías las cuales permiten clarificar los conceptos que se estudiarán y se definen en términos claros y sencillos para una mejor comprensión y finalmente esta categorías se sustentan en trabajos de investigadores previstos que se han dedicado a estudiar variados aspectos de la didáctica de las matemáticas implícitas en las prácticas educativas.

A continuación, se presenta en la tabla 2, el resumen de las dos categorías que a su vez se dividen en subcategorías, las cuales son definidas en términos operacionales y se definen unos indicadores.

Tabla 2.

*Definición operacional de las categorías*

| Categorías                                  | Sub Categorías        | Definición operacional   | Indicadores   |
|---|-----------------------|--|---|
| Categoría de análisis uno:<br>SABER TEÓRICO | Concepciones          | Referentes teóricos para organizar la construcción didáctica referida a el proceso de modelización en matemáticas                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocimiento de sistemas de diferentes sistemas de representación</li> <li>• Diferenciación entre modelo matemático y modelización matemática</li> <li>• Reconocimiento de ciclos de la modelización</li> <li>• Establecimiento de contextos</li> <li>• Comprensión de las realidades</li> </ul> |
|   | DIDÁCTICA Y CURRÍCULO | Organización de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, Además de la gestión del tiempo, los recursos e interacciones en el aula | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organización de los objetivos</li> <li>• Pertinencia de materiales y recursos</li> <li>• Organización de agrupamientos</li> <li>• Determinación de interacción</li> <li>• Establecimiento de tiempos</li> </ul>  |

|                   |   |   |
|-------------------|---|---|
|                   | Actitudes y acciones desarrolladas por el profesor en su aula de clase para desarrollar el proceso de modelización en los estudiantes   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación de las instrucciones</li> <li>• Diseño de actividades</li> <li>• Reformulación de actividades</li> </ul>  |
| <b>REFLEXIÓN</b>  | Proceso desarrollado por el profesor frente a su quehacer en el aula respecto al proceso de modelización  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de la pertinencia social</li> <li>• Reconocimiento epistemológico</li> <li>• Actualización</li> <li>• Pertinencia cognitiva</li> </ul>  |
| <b>EVALUACIÓN</b> | Proceso construido y desarrollado por el profesor para obtener información pertinente frente a la enseñanza del proceso de modelización que puede implicar una reestructuración y modificación de su práctica | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulación de criterios</li> <li>• Uso de la información</li> <li>• Determinación de instrumentos</li> <li>• Formas de sistematización</li> <li>• Fomento de la realimentación</li> <li>• Evaluación formativa</li> </ul> |

*Fuente: Elaboración propia*

### **Instrumentos de recolección de datos y medición**

Teniendo en cuenta que el estudio es de diseño fenomenológico y al respecto se tiene diversos instrumentos para la recolección de datos uno de los instrumentos es un cuestionario el cual debe ser parcialmente estructurado, abierto y flexible, de tal manera que se adapte a la singularidad de cada sujeto en particular. Para Pérez (1991) el cuestionario *consiste en un conjunto de preguntas, normalmente de varios tipos, preparado sistemática y cuidadosamente, sobre los hechos y aspectos que interesan en una investigación o evaluación, y que puede ser aplicado en formas variadas, por ejemplo, su envío por correo.*

Por otra parte, Morales (2001) reconoce *que el cuestionario es una lista de preguntas que se proponen con cualquier fin.* Para cumplir con los objetivos de la investigación se diseña un cuestionario-tipo test, el cual cumple con dos particulares. La primera, todas las preguntas son indicadores del mismo rasgo y la segunda, las respuestas de cada profesor se suman en un total que indica la medida de la característica por la cual se indaga.

En el cuestionario tipo test se utiliza una escala Likert. De acuerdo con Zdravomislov (s/f) *la tarea principal de la confección de escalas consiste en convertir los distintos datos desde el punto de vista cualitativo en índices cuantitativos confrontables*. Por medio de la escala Likert se mide en los profesores la predisposición para responder coherentemente de una forma favorable o desfavorable ante un objeto en este caso ante cada indicador propuesto para cada variable como se detallará a continuación.

El instrumento inicial consta de un total de 143 afirmaciones divididas en tres partes:

En la primera parte se indagan datos generales de los profesores como:

Institución; Título de formación; Último nivel de formación y Años de experiencia

La segunda parte indaga sobre la variable constructo teórico de los profesores. El propósito es obtener información relevante de los profesores sobre su saber teórico considerando los siguientes elementos.

- I. Modelo matemático
- II. Modelación matemática
- III. Proceso de modelización
- IV. Representaciones
- V. Contextos
- VI. Realidades

La tercera parte del cuestionario tiene como finalidad reconocer elementos que subyacen en el saber hacer del profesor en el aula de matemáticas al considerar:

- I. Objetivos
- II. Contenidos
- III. Materiales
- IV. Interacciones
- V. Planificación en el campo afectivo
- VI. Instrucción
- VII. Diseño de actividades
- VIII. Reflexión
- IX. Reformulación de actividades
- X. Evaluación

En las opciones de respuesta se utiliza la escala Likert para medir la frecuencia del uso de cada indicador como se muestra a continuación:



0= Nunca

1=Pocas veces

2= De vez en cuando

3=Casi siempre

4= Siempre

Una vez diseñado el instrumento, se realiza una prueba piloto, se aplica el instrumento seis docentes que orientan matemática en grado noveno, se recolecta la información y se calcula, mediante el software estadístico SPSS de IBM, el coeficiente de Alfa de Cronbach, para ver qué tan fiable es el instrumento, como se observa, en la figura 1, el Alfa de Chombach para el instrumento diseñado es mayor a 0,70 esto quiere decir, el instrumento tiene una alta consistencia interna ya que el estadístico fue de 0,912

| Resumen de procesamiento de casos |                       |   |       |
|-----------------------------------|-----------------------|---|-------|
|                                   |                       | N | %     |
| Casos                             | Válido                | 6 | 100.0 |
|                                   | Excluido <sup>a</sup> | 0 | .0    |
|                                   | Total                 | 6 | 100.0 |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

| Estadísticas de fiabilidad |                |
|----------------------------|----------------|
| Alfa de Cronbach           | N de elementos |
| .912                       | 143            |

Figura 1. Análisis de fiabilidad

Posteriormente, se procede a validar el instrumento por dos expertos internacionales, la Doctora Martha Isabel Fandiño y el Doctor Tulio Mendoza Armas, quienes avalan el instrumento y recomiendan realizar ajustes. Se tiene en cuenta las recomendaciones de los expertos, se realizan los ajustes y se consolida una versión definitiva del instrumento. De acuerdo con el cronograma corresponde aplicar el instrumento a los docentes de matemáticas de secundaria en el segundo trimestre de 2019 y realizar el respectivo análisis de la información y en consecuencia presentar los resultados en el CIEM 2020.

## Referencias

- Ärleback, J. Doerr, H. y O'Neil, A. (2013). Students' Emerging Models of Average Rates of Change in Context. Turquía: Middle East Technical University.
- Chevallard, Y. (1999) L' analyse des pratiques enseignant en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19(2), 221-226.
- Godino, J. D., Rivas, H., Arteaga, and others (2014). Didactic engineering based on the Onto-Semiotic approach to mathematical knowledge and instruction. *Recherches en Didactiques*

*des Mathematiques 34 (2/3), 167-200.*

- Godino, J. Batanero, C y Font, V. (2011) Un enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemática. España: Universidad de Granada y Universidad de Barcelona.
- Godino, J. y otros (2005). Suitability criteria of a mathematical instruction process. A teaching experience of the function notion. España: MJRME.
- Heidegger, M. (2006) Prolegómenos para una historia del concepto de Tiempo. Madrid: Alianza Editorial. Traducción de Jaime Aspiunza.
- Marshall, C., & Rossman, G. B. (1999). Designing qualitative research. Thousand Oaks, CA, US: Sage Publications, Inc.
- Martínez, P (2009). El método de estudio de caso estrategia metodológica de la investigación científica. Bogotá: Pensamiento y gestión.
- MEN (1998). Lineamientos curriculares en matemáticas. Bogotá: Autor.
- MEN (2006). Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas. Bogotá: Autor.
- Morales, P. (2011). Guía para construir cuestionario y escalas Madrid: Universidad de Comillas. Consultado en: <https://es.scribd.com/document/357739840/GUIA-PARA-CONSTRUIR-CUESTIONARIO-Y-ESCALAS-2011-pdf> (2018, 2 de septiembre)
- Pérez, R. (1991): Pedagogía Experimental. La Medida en Educación. Curso de Adaptación. Uned.
- Rivas, L. (2015). Capítulo 6 La definición de variables o categorías de análisis  
Consultado: en:  
[www.researchgate.net/publication/286288002\\_Capitulo\\_6\\_La\\_definicion\\_de\\_variables\\_o\\_categorias\\_de\\_analisis](http://www.researchgate.net/publication/286288002_Capitulo_6_La_definicion_de_variables_o_categorias_de_analisis). (2019, 11 de enero).
- Schmidt, B. (2010). Modeling in the classroom motives and obstacles from the teacher's perspective. Norte América: CERME.
- Smester, P. (2017) La formación de la competencia modelación matemática, una experiencia desde el cálculo diferencial en estudiantes universitarios. Cuba: Órbita.
- Stillman, G.L., Blum, W., and Kaiser, G. (2018). Mathematical Modelling and Applications: Crossing and Researching Boundaries in Mathematics Education. Switzerland: Springer.
- Tan, L.S & Ang, K.C. J (2015). A school-based professional development programme for teachers of mathematical modelling in Singapore. Netherlands: Springer.
- Zdravomislov, A. (s/f). Diseño de escalas de medición de actitudes en la investigación social. *Compilación CEO Metodología y procesamiento de las investigaciones sociológicas.*