

# FORMACIONES SEMIÓTICAS EN LIBROS DE TEXTO: USO DE MODELOS PARA INTERPRETAR FENÓMENOS ONDULATORIOS

Carla Hernández Silva

*Universidad de Santiago de Chile*

Mercè Izquierdo i Aymerich

*Universidad Autónoma de Barcelona*

**RESUMEN:** Se presentan resultados de un análisis de contenido realizado a nueve textos escolares de física, editados en Chile y España, a partir del cual se identificaron distintos modelos utilizados para representar fenómenos ondulatorios. Dichos modelos son utilizados en los textos para conectar la teoría con los fenómenos del mundo real, y articulan las llamadas *Formaciones Semióticas* mediante las cuales se presentan las ideas a los lectores. Los resultados dan cuenta de la desconexión existente entre los modelos identificados dentro de un mismo libro y una tendencia hacia confundir dichos modelos con los fenómenos propiamente tal, dado el rol semiótico que poseen. Se discuten implicancias didácticas para la enseñanza de la física y la construcción de significados en ciencia.

**PALABRAS CLAVE:** Libro de texto, modelo interpretativo, estructura semiótica, ondas, enseñanza de la física

**OBJETIVOS:** Identificar los modelos que utilizan los libros de texto para significar las *Ondas* mediante los recursos semióticos que incorpora, y analizar cómo articula con ellos las formaciones semióticas que permiten conectar la teoría científica con los fenómenos.

## INTRODUCCIÓN

Los libros de texto son el principal referente en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias tanto para profesores como para estudiantes (Taibu, Rudge y Schuster, 2015). A pesar del gran impacto que ha supuesto para la educación de todos los niveles la incorporación de herramientas digitales, el libro como recurso didáctico sigue siendo una importante fuente de información (Pérez, Izquierdo y Marbà, 2016) que reúne el conocimiento científico considerado culturalmente como necesario de aprender en una sociedad, por lo que también continúa siendo objeto de investigaciones con gran variedad de enfoques (López-Manjón y Postigo, 2016; Occelli y Valeiras, 2013).

### Modelos en libros de texto

En coherencia con la concepción de teoría científica propuesta por Adúriz-Bravo (2013) los modelos o hechos idealizados constituyen la estructura semántica de una teoría física y determinan la forma

en que las clases de fenómenos vinculados a ellas deben ser percibidos. En este marco, el primer paso para entender un fenómeno o un proceso en física es construir estos modelos mediante un proceso cognitivo en el que interviene la manipulación, la representación mental de la intervención que se está haciendo y los lenguajes que permiten hablar de todo ello. Los modelos permiten al individuo comprender y modificar la forma de percibir los fenómenos (Greca y Moreira, 2002).

Una labor similar realiza el libro de texto que busca ‘significar’ el modelo mediante una acertada selección de esquemas, textos y figuras que modelizan la realidad. Esta idea cobra importancia concordando con Chamizo (2010) al considerar un modelo como una representación basada en analogías que se construyen contextualizando una parte del mundo con algún objetivo específico.

Según Giere (2004) el modelo representa un vínculo entre los conceptos que surgen de la teoría y los fenómenos que provienen del mundo real, permitiendo que ambos adquieran sentido para el lector, a la luz de cada modelo (Fig. 1).

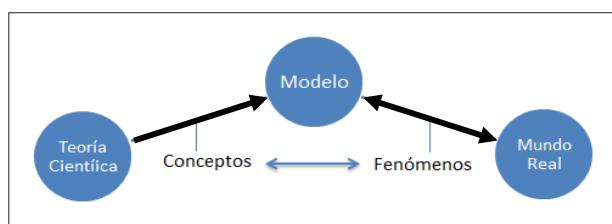


Fig. 1. Modelo como conexión entre Teoría y Mundo, basado en Giere (1999)

### Formaciones Semióticas (FS)

Los elementos semióticos del libro, es decir, las frases, preguntas, imágenes y actividades prácticas que incorpora, se relacionan entre si dando lugar a una *Formación Semiótica* (Marzabal, Hernández e Izquierdo, 2014) la cual constituye un patrón que da sentido a las ideas que se quieren comunicar.

En palabras de Adúriz-Bravo (2008) “la explicación científica se realiza en relación con un modelo que ‘carga’ de teoría las observaciones e intervenciones sobre el mundo” (p.73), presentándolo según permite el lenguaje disponible. En este sentido, el libro de texto selecciona las ideas teóricas que pretende transmitir e identifica los hechos que va a explicar con ellos, los cuales considera apropiados para los lectores ya que son similares a conjuntos de fenómenos conocidos. Estos hechos se convierten, mediante el discurso adecuado, en un signo de los fenómenos y se presentan como verdaderos e irrefutables.

Para que la teoría tenga sentido y logre convencer al lector, el libro requiere trasladar la construcción teórica al mundo real, a partir de situaciones y fenómenos que pueden ser interpretados con un determinado modelo. A partir de aquí se puede intervenir en el mundo con explicaciones teóricas y también a través de situaciones experimentales. Es esta la parte más importante del constructo semiótico en torno al modelo, pues es donde el alumno puede intervenir en el mundo real aplicando las ideas teóricas ya aprendidas y trazando líneas hacia la teoría que aún desconoce.

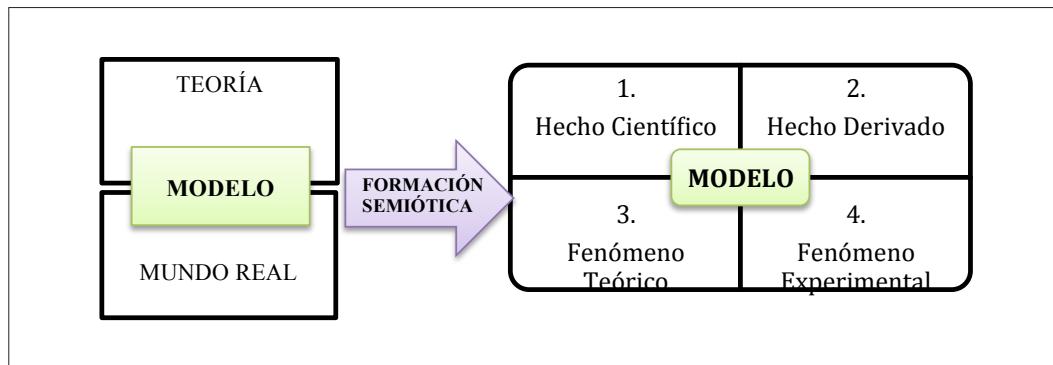


Fig. 2. Modelo como conector entre los elementos que constituyen una FS

Es así como la formación semiótica tiene una dimensión ligada a la teoría y una dimensión ligada al mundo real, que está centrada en un modelo que permite conectar ambas dimensiones y, al hacerlo, puede dar sentido a ambas (Fig. 2).

En resumen los componentes de una FS son:

1. Hecho científico. El libro de texto presenta como frase explícita, un hecho que puede ser real o académicamente construido, y que se ubica en un contexto científico.
2. Hechos derivados. Una vez se acepta el hecho científico como verdadero, se convierte en una base para construir teoría en el libro a partir de él, y justificar otros hechos, derivados de él. Estos hechos derivados pasan a ser tan verdaderos como el primero, y el libro los presenta a través de nuevas frases o incluso imágenes.
3. Fenómeno teórico. Aceptando la teoría desarrollada en el texto, ésta se traslada al mundo real a través del modelo que permite interpretar los fenómenos que se presentan a través de frases, imágenes y preguntas.
4. Fenómenos experimentales. Cuando la intervención en el mundo se realiza a partir de actividades prácticas, el modelo constituye una base para que la experimentación tenga sentido, y los estudiantes puedan "hacer ciencia". En este punto, la conexión entre teoría y mundo real es la clave para que la FS tenga sentido.

En el caso de las ondas como contenido disciplinar específico, se ha identificado en trabajos anteriores cuáles son los modelos utilizados por los libros para conectar la teoría con el mundo en torno a los fenómenos ondulatorios, los cuales reciben el nombre de *Modelos Interpretativos de la Realidad* (Marzabal et al, 2014). Los modelos identificados son: Mecánico, donde los fenómenos se representan con movimientos de esferas y/o resortes; Ondulatorio, que representa los fenómenos utilizando frentes de ondas curvos o rectos; Geométrico, que utiliza rayos y flechas para las representaciones; y Gráfico, que se representa con curvas y gráficos. También se distingue el modelo llamado Matemático donde los fenómenos se representan con ecuaciones y que coincide con los llamados *modelos de procesos cuantitativos* según clasificación de Etkina, Warren y Gentile (2006). Cada uno de ellos da sentido a una parte de las explicaciones y se representa con ciertos elementos semióticos característicos como son las imágenes (Fig. 3).

A la luz de estos modelos se relacionan los signos y significados que se presentan en los textos como patrones temáticos, que son propios de la forma que utiliza la ciencia para organizar y presentar los contenidos (Lemke, 1997).

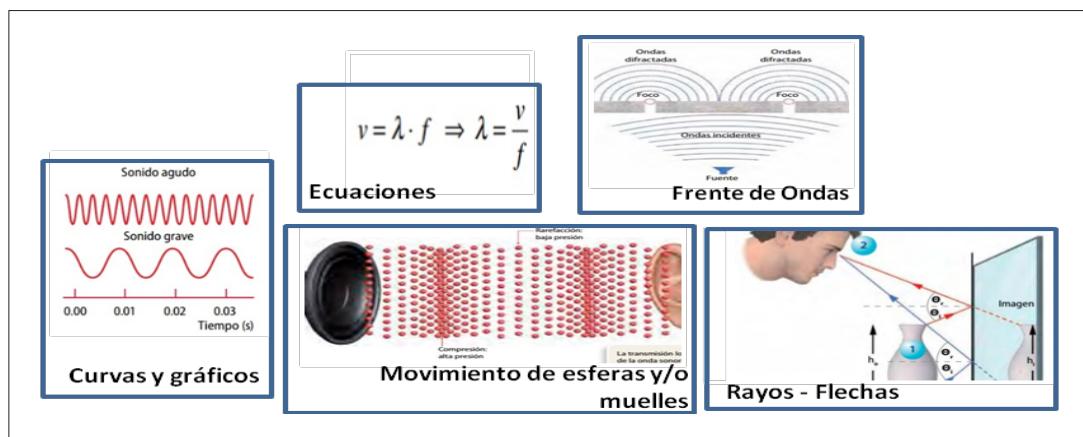


Fig. 3. Distintas formas de representar las ondas (Imágenes extraídas de los libros analizados)

## METODOLOGÍA

Se realizó un análisis de contenido, de tipo cualitativo y con enfoque interpretativo, a una muestra de 9 libros de texto de física editados en Chile y España entre los años 2008 y 2015. La muestra de libros es no probabilística y se seleccionaron bajo el criterio de que incorporaran el contenido de Ondas de manera explícita, además de que fueran de uso masivo y gran difusión en cada país.

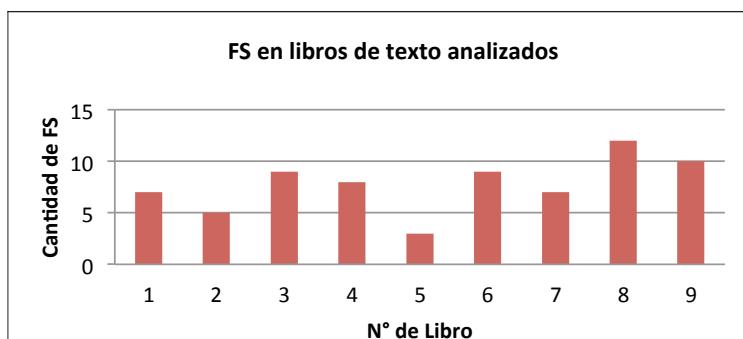
En cada libro se realizó un análisis semiótico con el fin de identificar en ellos, las diversas formaciones semióticas construidas en torno a los modelos interpretativos conocidos. Para el análisis se identificaron primero las unidades de significado ( $U$ ) que corresponden a frases literales del texto donde se expresaba alguna idea que aludiera a un concepto o fenómeno ondulatorio. Junto a ellas, se analizaron las imágenes de cada libro categorizándolas en función de las representaciones que mostraban en coherencia con los modelos de onda mencionados.

Finalmente, cada uno de los elementos semióticos fue organizado en la estructura de FS propuesta en la figura 2, diferenciando cuál es el hecho científico y el hecho derivado desde la teoría, y cuáles son los fenómenos teóricos y experimentales coherentes con el mundo real, entrelazados en torno a un cierto modelo.

## ANALISIS Y RESULTADOS

Se identificó una gran cantidad de formaciones semióticas en cada libro (gráfico 1), construidas en torno a los cinco modelos definidos, sin embargo, el número de FS difiere entre uno y otro caso. Estas diferencias indican que los estudiantes conocerán diferentes formas de conectar la teoría científica con los hechos del mundo, dependiendo del libro que consulten.

Gráfico 1.  
Formaciones semióticas identificadas en cada libro



Como ejemplo de las formaciones semióticas identificadas, en uno de los textos analizados se menciona el hecho científico de que la luz tiene comportamiento ondulatorio. Esta idea expuesta por el libro e incuestionable para el lector, le permite explicar por qué la luz se refleja o se refracta:

*U15: "El hecho de que la luz se comporte como una onda nos indica que cuando llega a una determinada superficie se reflejará"*

Esto implica directamente, según el libro, que los fenómenos ondulatorios son también atribuibles a la luz:

*U17: "Tal como pasa con el resto de las ondas, la luz se propaga con diferente velocidad según esté en un medio o en otro..."*

A través de un modelo geométrico se muestra, y se demuestra, que la luz representada por rayos, se transmite en una línea recta desde la fuente de energía hacia una superficie de ciertas características que provoca la reflexión del haz de luz dado que eso es lo que le ocurre a las ondas en general, en condiciones como éstas. Por otro lado, la ley de la refracción (ley de Snell) se explica utilizando relaciones matemáticas que complementan a la representación geométrica.

Pero, ¿Qué evidencias tiene el lector de que estos hechos son ciertos? La respuesta que da el libro es el proceso de formación de imágenes mediante espejos y lentes, lo cual es un evento teórico porque son situaciones utilizadas de ejemplo para respaldar la teoría. A continuación, se propone al lector una actividad práctica donde puede comprobar además estos hechos científicos y derivados, explicados a través de los modelos geométrico y matemático. La actividad consiste en formar imágenes con espejos convergentes, lo cual pasa a ser un fenómeno experimental que implica conectar la teoría con el mundo real, comprobando que ésta se cumple.

En términos generales, el concepto *Reflexión* aparece ligado tanto al sonido como a la luz, considerados ambos como fenómenos, es decir, en relación a los hechos y ejemplos. Se define como una propiedad intrínseca de las ondas, sin importar cuál sea el fenómeno, la circunstancia o el hecho en cuestión. Del mismo modo, el concepto *Refracción* se presenta como una característica o propiedad atribuible a todas las ondas aunque se hable de él en términos de 'fenómeno'. En coherencia, las imágenes son siempre una representación geométrica donde la luz se representa como un rayo que se desvía al cambiar de medio, lo cual pueden replicar los estudiantes en las actividades prácticas propuestas que permiten observar la formación de imágenes a través de diferentes lentes convergentes. Todo esto queda resumido en la formación semiótica de la figura 4.

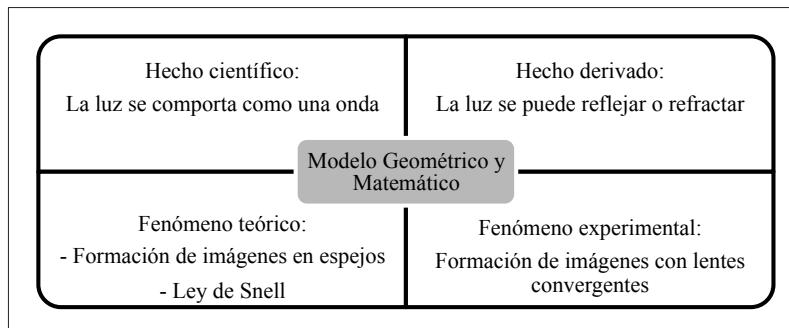


Fig. 4. Formación semiótica para reflexión y refracción de la luz

En términos generales, hay una conexión constante con el mundo real a través de ejemplos de situaciones conocidas, explicadas en función de las características atribuidas a las ondas y que se corresponden con los diferentes modelos posibles.

Se observa que toda formación semiótica surge a partir de un hecho científico que sólo tiene sentido cuando algún fenómeno (hecho derivado) es interpretado a la luz de un modelo interpretativo. Si bien no todas las formaciones semióticas tienen hechos derivados, se constató que todas están compuestas por una parte teórica y una parte fenomenológica, indicando que los hechos del libro están orientados hacia la intervención en el mundo, la cual se realiza a través de ejemplos o de prácticas experimentales.

## CONCLUSIONES

La revisión de los textos ha permitido evidenciar que los modelos tienen un rol semiótico articulador en ellos, dando sentido a la conexión entre el mundo real y teoría a través de las formaciones semióticas vistas como un patrón estructurado. Se ha visto al respecto, que los libros de texto construyen los conceptos a través de elementos teóricos y factuales que se entrelazan entre sí para contar una historia que se hace visible en dichos patrones. Identificar por tanto, las formaciones semióticas utilizadas por los libros, puede ser de utilidad para comprender y orientar las transposiciones didácticas y la construcción científica escolar de significados que da sentido al mundo en cada libro.

A partir de los resultados de este estudio, se considera importante reflexionar sobre el aprendizaje que construyen los estudiantes al tener representaciones y modelos diversos para interpretar la realidad, sobretodo considerando que su uso en los libros depende de la conveniencia para conectar teoría y fenómenos, y no responde a una secuencia lógica que permita al lector entender como dichos modelos se conectan entre sí.

## AGRADECIMIENTO

Se agradece el apoyo al envío del trabajo al proyecto Basal USA 1555 de la Universidad de Santiago de Chile.

## REFERENCIAS

- ADÚRIZ-BRAVO, A. (2008). La naturaleza de la ciencia. En C. Merino, A. Gómez y A. Adúriz-Bravo (Coord.) Área y Estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales (pp. 69-89). Barcelona, España: Universitat Autònoma de Barcelona.
- (2013). A ‘semantic’ view of scientific models for science education. *Science & Education*, 22(7), 1593-1611.

- CHAMIZO, J. A. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 7(1), 26-41.
- ETKINA, E., WARREN, A. y GENTILE, M. (2006). The role of models in physics instruction. *The Physics Teacher*, 44(1), 34-39.
- GIERE, R. N. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71(5), 742-752.
- GRECA, I. y MOREIRA, M. (2002). Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education*, 86(1), 106-121.
- MARZÁBAL, A., HERNÁNDEZ, C. e IZQUIERDO, M. (2014). What do textbooks talk about?: the problem of identifying referents. *Cadernos CEDES*, 34(92), 99-124.
- LEMKE, J. L. (1997). Cognition, context, and learning: A social semiotic perspective. *Situated cognition: Social, semiotic, and psychological perspectives*, 37-56.
- LÓPEZ-MANJÓN, A. y POSTIGO, Y. (2016). ¿Qué libro de texto elegir? La competencia visual en las actividades con imágenes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1) 84-101.
- OCELLI, M. y VALEIRAS, N. (2013). Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 133-152.
- PÉREZ, M., IZQUIERDO, M. y MARBÀ, A. (2016). ¿Cómo se conceptualiza la energía en las unidades didácticas de biología?. *Enseñanza de las ciencias*, 34(1), 73-90.
- TAIBU, R., RUDGE, D. y SCHUSTER, D. (2015). Textbook presentations of weight: Conceptual difficulties and language ambiguities. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.*, 11(1), 010117.

