



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas

Los Modelos Científicos en los Libros de Texto de Ciencias
2 de Secundaria: Definiciones y Ejemplos

Tesis presentada al

Colegio de Física

como requisito parcial para la obtención del grado de

LICENCIADO EN FÍSICA

por

Juan Carlos Molina Victoria

asesorado por

Dr. Josip Slisko Ignjatov

Puebla Pue.
Octubre de 2013



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas

Los Modelos Científicos en los Libros de Texto de Ciencias
2 de Secundaria: Definiciones y Ejemplos

Tesis presentada al

Colegio de Física

como requisito parcial para la obtención del grado de

LICENCIADO EN FÍSICA

por

Juan Carlos Molina Victoria

asesorado por

Dr. Josip Slisko Ignjatov

Puebla Pue.
Octubre de 2013

Título: Los Modelos Científicos en los Libros de Texto de Ciencias 2
de Secundaria: Definiciones y Ejemplos

Estudiante: JUAN CARLOS MOLINA VICTORIA

COMITÉ

M. C. Adrián Corona Cruz
Presidente

Dra. Lidia Aurora Hernández Rebollar
Secretario

Dra. Olga Leticia Fuchs Gómez
Vocal

Dr. Oscar Mario Martínez Bravo
Vocal

Dr. Josip Slisko Ignjatov
Asesor

Índice general

1. Introducción	3
2. ¿Qué son los modelos científicos?	7
2.1. Clasificación de modelos	9
2.2. Modelo general del modelo científico	10
3. Los modelos científicos en la enseñanza de la física	13
3.1. Problemas durante la enseñanza de modelos	16
3.2. Los modelos científicos en el Programa de Estudios 2006	19
4. El tema de los modelos científicos en los Libros de Texto aprobados por la SEP	23
4.1. Ciencia y movimiento 2 (Fernández Editores)	23
4.2. CIENCIAS 02. FÍSICA (Ríos de Tinta)	24
4.3. CIENCIAS 2. Física (Trillas)	24
4.4. Ciencias 2 (Fernández editores)	25
4.5. Ciencias 2. Física (Ediciones Larousse)	25
4.6. Ciencias 2. Física (Macmillan de México)	26
4.7. Ciencias 2. Física (Oxford University Press)	27
4.8. CIENCIAS 2. Física (Grupo Editorial Patria)	27
4.9. Ciencias 2 con énfasis en física (Grupo Editorial Patria)	28
4.10. ENERGÍA. Física (SM de Ediciones)	29
4.11. Física. Serie Comunidad (SM de Ediciones)	30
4.12. Ciencias 2. Física (Ediciones Castillo)	30
4.13. CIENCIAS 2. Serie diálogos (Macmillan)	31
4.14. La magia de la ciencia (McGraw-Hill/Interamericana Editores)	31
4.15. Ciencias 2. Física (Esfinje)	32
4.16. Ciencias 2. Física (Santillana)	32
4.17. Ciencias dos. Conexiones (Nuevo México)	33
4.18. Competencias Científicas 2 (Grupo Editorial Norma)	33
4.19. Ciencias 2. Física (Ediciones Castillo) de Trigueros Gaisman y Pimentel Henkel . .	34
4.20. Materia. Física (SM de Ediciones)	34
5. Resultados	35
6. Conclusiones	39
A. Conocimientos que el profesor necesita para la enseñanza de modelos en el aula	41

Índice de figuras

2.1. Modelo del modelo científico	11
3.1. Tipos de modelos en física [12]	14
3.2. Conocimiento científico a través del diseño curricular, la enseñanza y el aprendizaje	16
4.1. Modelo de Alfvén y Hoyle tal y como aparece en el libro	28
4.2. Mapa conceptual sobre modelos del libro Ciencias 2. Física	32
5.1. Número de libros de texto que mencionan las características de los modelos	36
5.2. Número de libros de texto que usan cada tipo de ejemplos de modelos	37
5.3. Número de libros de texto que mencionan características de la práctica científica .	38

Índice de tablas

2.1. Clasificación de los modelos científicos de acuerdo a su uso.	10
5.1. Características de los modelos mencionadas por libro de texto	35
5.2. Tipos de ejemplos de modelos usados por cada libro de texto	36
5.3. Características de la práctica científica mencionados por cada libro de texto	38

I fully agree with you about the significance and educational value of methodology as well as history and philosophy of science. So many people today, and even professional scientists, seem to me like somebody who has seen thousands of trees but has never seen a forest.

Albert Einstein

*Dedicado a
mi familia real y amigos de verdad*

Resumen

En este trabajo de tesis se realiza una investigación documental sobre las maneras de presentación de los modelos científicos en los libros de texto de Ciencias 2 que oficialmente se usan en la educación secundaria. Se presta atención especial a las definiciones del "modelo científico", los ejemplos que ilustran sus propiedades y sus funciones en la creación, verificación y aplicación de los conocimientos científicos. Durante los últimos años hemos presenciado un gran desarrollo de las ideas sobre los modelos científicos en la filosofía de la ciencia y en el ambiente educativo. Como parte de este impulso en la investigación en la enseñanza de la física, se revisó la presentación de los modelos científicos en el plan curricular del segundo año de secundaria y en los libros de texto de Ciencias 2. Lo aquí presentado se puede dividir en tres partes: aclarar el papel de los modelos y de la modelación en el trabajo científico y en la educación de la ciencias, revisión curricular sobre los modelos científicos y revisión de las definiciones y los ejemplos ilustrativos usados en los libros de texto Ciencias 2 para presentar la idea del "modelo científico".

Capítulo 1

Introducción

Dentro de nuestro trabajo diario como físicos o estudiantes de física utilizamos en todo momento el concepto de modelo científico. Este concepto es tan fundamental para el trabajo científico que muy raramente se hace un análisis de él en las aulas de los cursos de ciencias. El alumno aprende sobre estos modelos y hace uso de ellos para resolver los problemas que se le encomiendan. Sin embargo, la mayor aportación de la ciencia no es usar modelos ya creados, sino la creación de nuevos modelos. En una clase tradicional de física los estudiantes no tienen un claro entendimiento de lo que significa la palabra *modelo*, y por tanto no aprecian el rol de esta noción en física. Además, los profesores también tienen problemas definiendo esta palabra.

Varios autores reconocen que entre las tareas esenciales de la investigación científica están la elaboración, empleo y revisión de los modelos. La modelación es un proceso central para dar cuenta científicamente de lo que ocurre en el mundo natural [28]. Los modelos científicos son una parte integral del desarrollo y exploración de la ciencia. Por tanto, los alumnos deben tener conocimiento acerca de lo que son y cómo son desarrollados y usados dentro de la comunidad científica [35].

Con el nacimiento y desarrollo de la enseñanza de las ciencias como disciplina científica hemos visto un avance importante en la comprensión y desarrollo de actividades tanto dentro como fuera del aula que afectan la capacidad de aprender del alumnado, así como la capacidad de enseñar del profesor.

La enseñanza de la ciencia siempre ha presentado una visión de lo que es la ciencia: su(s) propósito(s), sus valores, sus normas, su(s) rol(es) en la sociedad, etc. Cuando se enseña sobre la naturaleza de la ciencia a menudo se refleja de forma incidental, incluso accidental, las opiniones tácitas de los maestros, que en muchos casos han recibido poca atención [37].

Los propósitos de la enseñanza de las ciencias se resumen en [21][20] :

1. Aprender ciencia, esto es, entender el conocimiento conceptual científico.
2. Aprender sobre ciencia, esto es, entender aspectos de filosofía, historia y metodología de la ciencia.
3. Aprender a hacer ciencia, esto es, ser capaz de tomar parte en actividades destinadas a la adquisición de conocimiento científico.

Dados estos propósitos, los modelos y la modelación deben jugar un rol central en la enseñanza de la física. Esto es que al enseñar ciencia, los alumnos puedan llegar a conocer los principales modelos científicos e históricos, así como los alcances y limitantes de éstos; al enseñar sobre ciencia, los alumnos pueden tener una visión adecuada de la naturaleza de los modelos y ser capaces de apreciar su rol en la acreditación y diseminación de los resultados de la investigación científica; y al aprender a hacer ciencia, los alumnos deben poder crear, expresar y probar sus propios modelos [21].

Partes significantes de la investigación científica son obtenidas de los modelos en lugar de la realidad misma debido a que estudiando un modelo podemos descubrir características, así como comprobar datos del sistema al cual se refiere; es decir, los modelos permiten el razonamiento deductivo.

Sin embargo, el reconocimiento del rol de los modelos y la modelación en la enseñanza de las ciencias es reciente, los principales artículos sobre el tema se han publicado en los pasados 30 años. Por tanto, los profesores de ciencias en todo el mundo no han sido explícitamente equipados con conocimientos y habilidades adecuadas para enseñar desde una perspectiva enfocada en el entendimiento de la ciencia por parte del alumno [21].

Tres propósitos principales para la modelación en ciencias son reportados en la literatura sobre enseñanza de las ciencias [22]:

- Producir formas simples de objetos o conceptos.
- Proveer estimulación para el aprendizaje o generación conceptual, y de este modo apoyar la visualización de algún fenómeno.
- Proveer explicaciones para fenómenos científicos.

Las actividades de modelación pueden permitir especialmente oportunidades únicas para que los profesores monitoreen el progreso en el cambio de los modelos mentales iniciales de sus alumnos a un entendimiento de modelos científicos e históricos establecidos [21].

En el actual programa de estudios para el curso de Ciencias II con énfasis en física del segundo año de educación secundaria, existe un tema en el cual se le introduce al alumno el concepto de modelo científico [27]; con la entrada en vigor del plan de estudios 2006 de la SEP éste tema se da siempre en el segundo año de secundaria en el curso de Ciencias II. Sin embargo, a pesar de que es un tema muy importante para que el alumno pueda entender como funciona la ciencia, en la mayoría de los casos se explica este término de manera muy superficial y las definiciones se quedan en la interpretación cotidiana del concepto de modelo. Además, no se encontró algún reporte o artículo sobre el tema de los modelos científicos en los libros de texto sobre física de nivel secundaria en México.

Con este trabajo de tesis se buscar hacer una revisión de las presentaciones de los modelos científicos en el plan curricular del segundo año de secundaria y en los libros de texto de Ciencias 2. Para conseguirlo, nos planteamos los siguientes objetivos:

1. Aclarar el papel de los modelos y de la modelación en el trabajo científico y en la educación de la ciencias.
2. Revisión curricular sobre los modelos científicos.
3. Revisión de las definiciones y los ejemplos ilustrativos usados en los libros de texto Ciencias 2 para presentar la idea de "modelo científico".

Para lograr nuestros objetivos, en el capítulo 2 se empezará estudiando cuales son las características que definen a un modelo científico, así como sus usos y aplicaciones en la práctica científica. Además, se da una clasificación de los modelos científicos en base a sus usos en la ciencia. Por último, hablaremos de cómo se relaciona todo lo anterior para dar un panorama general de cómo funciona el proceso de construcción de modelos.

Durante el capítulo 3 veremos el papel de lo modelos científicos en la enseñanza de la física, o cómo llevar los modelos científicos utilizados por la comunidad científica al salón de clases. Se habla un poco sobre el proceso de simplificación que sufre un modelo para adecuarlo a la enseñanza. Como este proceso no está libre de inconvenientes, se mencionarán algunos problemas que se pueden presentar. Por último se hace una revisión de cuál es el papel de los modelos científicos, y su proceso de enseñanza de acuerdo al Programa de Estudios 2006 para la educación secundaria

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

y de documentos oficiales de la Secretaría de Educación Pública (SEP). Se discutirán tanto las definiciones como las actividades propuestas a los profesores para enseñar el tema de los modelos científicos.

El capítulo 4 es un análisis de las definiciones y ejemplos de modelos científicos propuestos por cada uno de los libros de texto aprobados por la SEP. Mientras que en el capítulo 5 se muestran los resultados derivados del análisis realizado en el capítulo 4. Por último, este trabajo finaliza con las conclusiones derivadas de todo el trabajo realizado en el capítulo 6.

Capítulo 2

¿Qué son los modelos científicos?

El significado del concepto modelo ha sido discutido por científicos, filósofos de la ciencia, psicólogos, lingüistas, historiadores, entre otros. En algún momento de la ciencia del siglo XIX, la palabra *modelo* vino a significar lo opuesto a prototipo o ejemplar para ser copiado. En efecto, el modelo científico es un remedo o símil de objetos, sistemas y/o procesos. Se dice que tenemos un modelo cuando es una representación (a diferencia de una fotografía que, aparte de su posible valor estético y expresivo, no representa sino que llanamente muestra información sin incurrir en simbolización alguna). Un modelo no puede interactuar directamente con el objeto que representa [34]. El modelo científico es entonces un símil en el sentido preciso en el que entraña una comparación de naturaleza simbólica y expresa una semejanza [11][28].

Los modelos pueden desempeñar dos funciones representativas fundamentalmente diferentes. Por un lado, un modelo puede ser una representación de una parte seleccionada del mundo, al cual llamamos sistema. Dependiendo de su naturaleza, los modelos pueden ser modelos de fenómenos o modelos de información. Por otro lado, pueden representar una teoría en el sentido que éste interprete las leyes y axiomas de la teoría. Estas dos nociones no son mutuamente excluyentes debido a que los modelos científicos pueden ser representaciones en ambos sentidos al mismo tiempo [13].

Varios modelos científicos representan un fenómeno donde *fenómeno* es usado como un término que engloba todas las características relativamente estables y generales del mundo de interés desde un punto de vista científico. En cambio, un modelo de información es una versión corregida, rectificadora, reglamentada y en muchos casos idealizada de la información que obtenemos de la observación inmediata.

En la lógica moderna, un modelo es una estructura que hace todas las sentencias de una teoría verdad, donde una teoría se considera que es un conjunto de enunciados -deductivamente cerrado- en un lenguaje formal. Varios modelos en ciencia traen de la lógica la idea de ser la interpretación de un cálculo abstracto. Esto es particularmente relevante en física, donde leyes generales descansan en el núcleo de una teoría.

Sin embargo, para entender qué son los modelos hay que comprender que existe una gran variedad de cosas que comúnmente se les denomina como modelos: objetos físicos, objetos ficticios, estructuras de conjuntos teóricos, descripciones, ecuaciones o una combinación de éstas. No obstante, estas categorías no son mutuamente excluyentes ni totalmente exhaustivos. ¿Cómo hace uno la división entre, digamos, objetos ficticios y estructuras teóricas? dependerá de las convicciones metafísicas de uno, y algunos modelos podrían pertenecer a otra clases de cosas.

Los modelos científicos se construyen mediante la acción conjunta de una comunidad científica, que tiene a disposición de sus miembros herramientas poderosas para representar aspectos de la realidad [14]. Los científicos definen a la palabra modelo desde perspectivas diferentes enfatizando aspectos específicos, por tanto su uso en ciencia puede diferir con el contexto de la práctica científica [35]. En general los científicos:

CAPÍTULO 2. ¿QUÉ SON LOS MODELOS CIENTÍFICOS?

- Entienden que todo modelo tiene limitaciones.
- Ven a los modelos como herramientas importantes en el desarrollo de nuevas hipótesis y para la explicación de la información y/o fenómenos.
- Usan los modelos de forma pragmática y no descartan modelos automáticamente incluso si éstos poseen severas limitaciones.
- Cuando usan modelos saben que tienen limitaciones específicas o importantes, y son conscientes de ello.

La actividad científica consiste, fundamentalmente, en construir, usar y validar modelos [28]. Esta empieza con las preguntas, las cuales dependen del marco teórico desde el cual se formulan. Así, los hechos no son independientes de los observadores y de sus maneras de ver el mundo. La sociedad en que viven día a día la comunidad científica, los docentes y los alumnos determina o limita el tipo de preguntas que se hacen o que pueden responder ellos mismos, además de influir en sus conclusiones, debido a la presencia o ausencia de programas educativos o de investigación científica, de reconocimientos o castigos a la misma actividad y de tolerancia o imposición de áreas de investigación [7].

Una buena relación entre el modelo dado y los datos experimentales nos puede indicar que un modelo es potencialmente correcto y útil. Sin embargo, esto no nos debe llevar a pensar que los modelos cuantitativos complejos y sofisticados son necesariamente superiores a sus contrapartes cualitativas más simples. Modelos cualitativos simples, a pesar de su aparente *falta de exactitud* o falta de sofisticación, poseen considerable valor en ciencia. Para que un modelo sea efectivo implica y requiere un avance patente en la comprensión de la porción de universo objetivo [11]. Los modelos científicos son constructos humanos, pero algunos proporcionan un mejor ajuste con el mundo que otros y se puede saber que lo hacen [39].

Un modelo es una versión simplificada de la porción de universo objetivo y solo comparte algunos atributos con éste. El hecho de que el modelo es más simple que la porción de universo objetivo es una característica beneficiosa, ya que podemos ignorar detalles menos relevantes o no tan importantes y, en su lugar, enfocarnos en aspectos mucho más importantes o interesantes que nos ayudan a entender los atributos clave de esa porción del universo. En consecuencia, el uso de un modelo permite al científico identificar aspectos clave de la porción de universo objetivo sin distraerse por atributos o detalles sin importancia [22].

Por todo lo anterior, podemos decir que un modelo es una representación parcial y no única, que se construye contextualizando cierta parte del universo (por ejemplo un objeto, un evento, un proceso o una idea) que es usado para un propósito específico. La palabra representación no se usa solamente en aquellos casos en los que exista un tipo de exhibición de aspectos visuales de la entidad modelada, sino también como una representación parcial que al mismo tiempo *abstrae de y traduce de otra forma* la naturaleza de esa entidad. A diferencia de las analogías, los modelos pueden no mantener la similitud estructural entre los dominios, incluso pueden resultar más útiles cuanto más difieren de la realidad [34]. El propósito buscado puede ser mejorar la visión que tenemos, favorecer su entendimiento o hacer predicciones sobre el comportamiento o propiedades de esa parte del universo [7][21][20]. Como los modelos son representaciones parciales, son inherentemente limitados, debido a que el entendimiento humano nunca puede igualar a la realidad. Además, como las representaciones no son únicas, es una práctica común entre los científicos utilizar varios modelos para describir la misma porción de universo [14].

Sin embargo, los modelos son relativamente independientes de la teoría, en vez de ser constitutivo de ellos. Esta independencia tiene dos aspectos: su construcción y su funcionamiento. Si vemos cómo en la ciencia los modelos son construidos podemos ver que estos no se derivan enteramente de los datos ni de la teoría. Su construcción es más un arte que un procedimiento mecánico [20]. Como se va construyendo el modelo, necesitamos probarlo, por tanto los modelos juegan un papel importante en la evaluación de hipótesis y en la evaluación de argumentos a favor o en contra de

las hipótesis planteadas. No hay reglas ni métodos para aprender a construir modelos, pero sin duda requiere de dos condiciones:

- Conocimiento (para saber, hasta donde sea posible, cómo es esa porción del universo).
- Imaginación y creatividad (para diseñar virtualmente el modelo compatible con esa porción del universo de acuerdo con el objetivo establecido).

El segundo aspecto de la independencia de los modelos es que realizan funciones que no podrían realizar si fueran parte o dependieran en gran medida de las teorías. Los modelos pueden caracterizarse como intermediarios entre la teoría y la experiencia, gracias a lo cual pueden cumplir las siguientes funciones [28][35]:

Modelos como complemento de las teorías. Una teoría puede ser especificada de forma incompleta en el sentido de que impone ciertas restricciones generales pero no dice nada sobre los detalles de las situaciones concretas, que son proporcionadas por un modelo.

Modelos que intervienen cuando las teorías son demasiadas complejas. Las teorías pueden ser muy complejas para manejar. En esos casos se puede emplear un modelo simplificado que permita una solución. La ventaja de estos modelos es que producen resultados donde las teorías permanecen en silencio, por tanto, pueden ser usados para ayudar en el desarrollo de la teoría.

Modelos como teorías preliminares. Los modelos pueden contribuir a la formación o generación de nuevo conocimiento o a la formulación de hipótesis.

Del último punto podemos ver que los modelos son más bien herramientas dinámicas que representaciones estáticas usadas para mejorar nuestro entendimiento [22]. Lo anterior nos indica que los modelos funcionan como herramientas cognitivas.

Finalmente, los modelos son usados comúnmente para exponer, es decir, son usados para explicar hipótesis o teorías a los demás. Esto es posible ya que una de sus funciones esenciales de todo modelo es poder insertarse con éxito en un teoría, lo cual suele conducir a una explicación del fenómeno en cuestión de orden más general.

2.1. Clasificación de modelos

Si se revisa la literatura, encontramos que existe una gran variedad de formas de clasificar a los modelos científicos. Si partimos de la idea de Wittgenstein, en el sentido de que el significado de una palabra está especificado en su uso, podremos lograr un entendimiento de los modelos por una clasificación según las diversas aplicaciones de esta palabra en la ciencia actual. De acuerdo a la condición y grado de analogía que establecen los modelos, esta clasificación distingue tres grandes categorías [11] :

- Réplicas.
- Modelos figurativos.
- Modelos formales.

Las réplicas pretenden copiar al referente de manera analógica. Estas pueden ser concretas, es decir, las reproducciones isomórficas a escala. Las reproducciones de objetos lejanos a nuestra proporción perceptiva tiene usos didácticos y aplicaciones muy evidentes. Un caso distinto es la sustitución, es decir, el uso de un sistema existente como modelo de otro de referencia. El tercer tipo es la réplica experimental, es decir, la manipulación deliberada de un sistema existente para emular el referente.

CAPÍTULO 2. ¿QUÉ SON LOS MODELOS CIENTÍFICOS?
2.2. MODELO GENERAL DEL MODELO CIENTÍFICO

Los modelos figurativos no son isomórficos, sino que pretenden identificar y abstraer los elementos cruciales o esenciales de un sistema para establecer las funciones que mejor definan la operación del sistema referente. Existen dos subtipos: uno es el de caja negra. En éste se reconocen los componentes elementales del sistema y se establecen las entradas y salidas de cada uno para integrar un modelo funcional del sistema completo. El otro es el esquema; formas, figuras, signos y conceptos que hábilmente combinados representan objetos y procesos naturales.

El último tipo de modelos es el de modelos formales, llamados así no por la forma o por ser isomórficos, sino por su alto nivel de abstracción sintética, y por su determinación y expresión en un lenguaje natural o convencional que se sabe o se pretende riguroso y exacto. En el caso de los modelos formales conceptuales se usa el lenguaje natural como herramienta, sintetizando, en una serie de enunciados precisos, lógicos y suficientes los elementos constitutivos, aspectos cruciales o leyes fundamentales del referente. El segundo tipo de modelo formal es el modelo matemático, el cual, es la formulación de ecuaciones que constituyen expresiones legales o leyes, y que describen precisamente la condición del objeto de referencia. El modelo matemático es el más abstracto y formal de los modelos, y pretende un estado de excepción: la de ser condición y objetivo final del modelo científico. El tercer subtipo son los modelos computacionales, que son algoritmos que pretenden una aplicación directa, es decir, estipular con la mayor economía posible los pasos sucesivos para la resolución de un problema o la obtención de un objetivo.

En la Tabla 2.1 podemos encontrar ejemplos para cada uno de los tipos de modelos que mencionamos en la clasificación.

Tipos	Subtipos	Definición	Ejemplos
Réplica	Concreto	Reproducciones a escala	Maqueta, mapa
	Sustitución	Sistemas existentes	Animales
	Experimental	Reproducción de características	Patología experimental
Figurativo	Caja negra	Diagramas de entrada y salida	Diagramas de flujo Procesos económicos Ciclo de Carnot
	Esquema	Formas y figuras	Átomo de Bohr Diagrama electrónico
	Conceptual	Foco de teoría	Modelo cosmológico Modelo estándar
Formal	Matemático	Simulación formal	Ecuaciones
	Computacional	Algoritmos	Inteligencia artificial Redes neuronales

Tabla 2.1: Clasificación de los modelos científicos de acuerdo a su uso.

2.2. Modelo general del modelo científico

De los trabajos de investigación realizados sobre la práctica científica, encontramos que no todos los modelos explican observaciones empíricas y tampoco toman un concepto abstracto y lo hacen concreto [35]. El Dr. José Luis Díaz ha elaborado un modelo general de lo que es un modelo científico [11], representado en la figura 2.1.

Se suponen tres componentes esenciales en todo modelo científico:

El primero es el objeto o referente (**O**), es decir, aquel sector de la realidad que es objeto de interés singular para la ciencia. No se puede evitar el hecho de que, aunque existen innumerables cosas en el mundo independientemente de los seres sensibles que las perciben, conceptúan y analizan, el concebir un referente de interés para la ciencia requiere que ese algo haya sido ya percibido, situado y tipificado, así sea de manera preliminar o elemental. El objeto **O**, entonces, no es una

CAPÍTULO 2. ¿QUÉ SON LOS MODELOS CIENTÍFICOS?
2.2. MODELO GENERAL DEL MODELO CIENTÍFICO

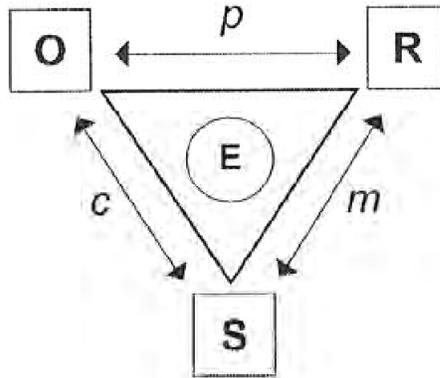


Figura 2.1: Modelo del modelo científico

cosa en sí misma, sino en tanto surge ante un observador como un problema o asunto inacabado a dilucidar.

El segundo componente es la representación cognitiva que tiene un aspecto psicológico, gnoseológico y consciente. Esta se encuentra elaborada y acabada en la que intervienen no solo datos sensoriales, sino operaciones mentales variadas como la categorización, la memoria semántica, la imaginación y el razonamiento. Para que realmente podamos distinguir el objeto de la representación, ésta requiere de un enriquecimiento sustancial en la información a través de un procedimiento sistemático, como la experimentación. Sea **R** la representación mental del objeto. Esta representación es dinámica y se modifica por nuevos elementos de información provenientes tanto de la percepción, el razonamiento, la imaginación y de la prueba del modelo objeto. **R** es una elaborada pero inacabada construcción mental del objeto, la manera, el modo o el molde que disponemos para comprenderlo, para manipularlo y, finalmente, para realizar, a partir de ella, una representación externa [14].

El tercer componente es la representación externa del objeto, manufacturada a partir de **R**. Esta es un objeto artificial en tanto es fabricación o proceso creativo de un investigador. Sea **S** la simulación, la representación pública, el modelo-objeto, una especie de artefacto lúdico con el que se pretende simular o remedar el objeto **O** para resolver el enigma que éste planteó originalmente. La simulación **S** es necesariamente simbólica; por representar realidades cotidianas y concretas.

Entre estos tres componentes se establecen tres funciones que los relacionan indisolublemente y que están representadas por flechas en la figura 1.1 y especificadas en letras minúsculas.

La primera es la producción de la representación (*p*). Desde una perspectiva constructivista *p* se gesta en etapas sucesivas a partir de datos sensoriales y elementos cognoscitivos, de acuerdo a un conjunto de reglas que desembocan finalmente en una representación más acabada [30]. Por esta razón la flecha *p* que simboliza la relación entre objeto **O** y representación **R** es bidireccional.

La segunda función es el modelar o transcribir la representación a un artefacto, lo cual designaremos con la letra *m*. La transcripción es necesariamente restringida, pues la cantidad de información presente en la representación mental, su notable dinamismo y las formidables capacidades iconográficas, intuitivas, emotivas y en general cualitativas de la representación consciente no se pueden plasmar apropiadamente en artefactos, dibujos, algoritmos ni fórmulas. El modelador debe restringirse a los elementos que considere más sobresalientes y a aquellos que permitan una expresión operativa, experta y estratégica. El modelador elige, elabora una ruta crítica, corrige, borra, recomienza, pule y, finalmente, redondea su artefacto. En el proceso utiliza un gran acervo de conocimientos, técnicas y habilidades. Por todas estas razones modelar es también un proceso plenamente cognoscitivo con fuertes componentes creativos y estéticos. Es un proceso en el cual se da una retroalimentación entre la representación **R** y la simulación **S**. Por tanto la flecha que

CAPÍTULO 2. ¿QUÉ SON LOS MODELOS CIENTÍFICOS?

2.2. MODELO GENERAL DEL MODELO CIENTÍFICO

representa a m también es bidireccional.

La tercera función es el contraste (c) entre el modelo \mathbf{S} y el objeto \mathbf{O} . El contraste implica la observación de la conducta del modelo y la comparación con la conducta del objeto de referencia. Es una observación alterna que debe estar representada de la misma manera que las dos funciones anteriores por una flecha bidireccional. La manipulación del modelo echa a andar propiedades que pueden compararse con las del objeto \mathbf{O} . Si se tiene éxito, el modelo \mathbf{S} se comporta como si fuera la realidad típica ya que su función es la de adaptarse a los requerimientos del original. Esta función es profundamente cognoscitiva en el sentido de que motiva la elaboración y aplicación de recursos mentales que implican conocimientos adquiridos y desembocan en otros nuevos. La validación del modelo no entraña un compromiso absoluto de veracidad, sino el más relativo de probar si el modelo es útil para lo que fue diseñado.

En ciencias, los modelos se revisan permanentemente en dos sentidos, complementarios entre sí, por medio del [28] :

- Control empírico: ¿el modelo puede explicar los datos disponibles y predecir el curso de futuros experimentos?
- Control conceptual: ¿se ajusta el modelo con otros modelos aceptados y con el conocimiento teórico disponible?

La relevancia del modelo se fundamenta en la dinámica que motivan las tres funciones en el creador del modelo o en quien lo interpreta y usa. El círculo central de la figura 2.1 representa el enlace de las tres operaciones o funciones cognoscitivas, pues aunque no se traslapen en todo momento, si se turnan, corrigen y enriquecen recíprocamente. De esta manera es posible proponer que el conocimiento emerge de esta articulación recurrente de funciones cognoscitivas. Es en la función resultante donde surge el objetivo final del modelo científico que es el conocimiento del objeto, representado en el círculo central por la letra \mathbf{E} .

En conclusión, los modelos no son el mero artefacto, sino la triple función p, m y c que implica y cumple con la obtención de nuevo conocimiento. Para que un modelo sea eficaz debe cumplir con una triple adecuación [11] :

- La adecuada representación mental de un sistema o proceso, o si se prefiere de un enigma.
- La adecuada transcripción de la representación a un artefacto.
- El adecuado contraste del artefacto con el objeto de referencia.

El desarrollo de un modelo relevante depende crucialmente del grado de adecuación de estos tres puntos.

Capítulo 3

Los modelos científicos en la enseñanza de la física

En la epistemología, la noción de modelo científico ha estado desde siempre estrechamente ligada a la de teoría. Sin embargo en los últimos años existe un cambio importante en la visión disciplinar de las relaciones entre una y otra entidad. Varios trabajos actuales manejan a los modelos con cierta independencia de los tradicionales intentos de formalización de la ciencias en grupo de teorías [14].

En la investigación sobre enseñanza de la física la palabra modelo está asociada con David Hestenes y sus colegas [12], quienes son defensores del uso de modelos en la enseñanza de la física hace mas de 20 años. El definió un modelo de la siguiente manera:

Un modelo es un objeto sustituto, una representación conceptual de una cosa real. Los modelos en física son modelos matemáticos, los cuales se dice que sus propiedades físicas son representadas por variables cuantitativas.

En general, los físicos comparten varias ideas comunes sobre los modelos [12]:

- Un modelo es una versión simplificada de un objeto o proceso que está siendo estudiado; un científico creando el modelo decide que características omitir.
- Un modelo puede ser descriptivo o explicativo; los modelos explicativos están basados en analogías, es decir, en relacionar el objeto o proceso a un objeto o proceso más familiar.
- Un modelo necesita tener poder predictivo.
- El poder predictivo de un modelo tiene limitaciones.

Ellos instintivamente, o como resultado de su entrenamiento, reconocen que los modelos tienen por objeto ayudar al usuario y que frecuentemente requieren modificación. Este uso tan pragmático de los modelos es lo que distingue a los científicos de los estudiantes. Comúnmente en clase se utilizan modelos muy exitosos que son muy poderosos explicando observaciones muy bien conocidas que terminan siendo considerados como *realidad*. Es decir, el estudiante puede caer en el error de confundir un modelo muy exitoso con la realidad [22].

Escoger un modelo productivo para describir o explicar un fenómeno bajo estudio es una parte rutinaria de los científicos pero un ejercicio raro para los estudiantes. Los estudiantes tienen dificultades para entender el significado de la palabra modelo y para usarlo en el análisis de fenómenos físicos y resolver problemas. [12].

Una vez que tenemos conocimiento sobre el modelo, este conocimiento tiene que ser *traducido* en conocimiento sobre la porción de universo objetivo. Los modelos pueden instruirnos sobre la

CAPÍTULO 3. LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

naturaleza de la realidad sólo si asumimos que los aspectos de los modelos tienen contrapartes en el mundo real. Pero si el aprendizaje está ligado a la representación y si hay diferentes tipos, entonces existen también diferentes tipos de aprendizaje. Si, por ejemplo, tenemos un modelo que tomamos como una descripción realista, la transferencia de conocimiento del modelo se consigue de una forma diferente que cuando tratamos con un modelo que involucre supuestos ideales.

Tomaremos la idea de Eugenia Etkina de que cuando simplificamos un fenómeno para hacer un modelo en física, simplificamos objetos, interacciones entre objetos, sistemas de objetos junto con sus interacciones y/o procesos. Eugenia Etkina (2006) determina cuatro tipos de modelos:

Modelos de objetos: Cuando escogemos investigar un fenómeno físico, empezamos identificando los objetos involucrados. Luego decidimos como simplificaremos estos objetos.

Modelos de interacciones: Cuando hay múltiples objetos involucrados, necesitamos considerar interacciones entre estos objetos. Hacemos decisiones para omitir algunas interacciones y tomar otras en cuenta. Cuando cuantificamos estas interacciones, obtenemos algunas expresiones matemáticas que llamamos ecuaciones.

Modelos de sistemas: Combinando los modelos 1 y 2 para un sistema físico, obtenemos un modelo del sistema que estamos estudiando.

Modelos de procesos: Los modelos de procesos describen los cambios debido a las interacciones entre los objetos en un sistema o con objetos fuera de éste.

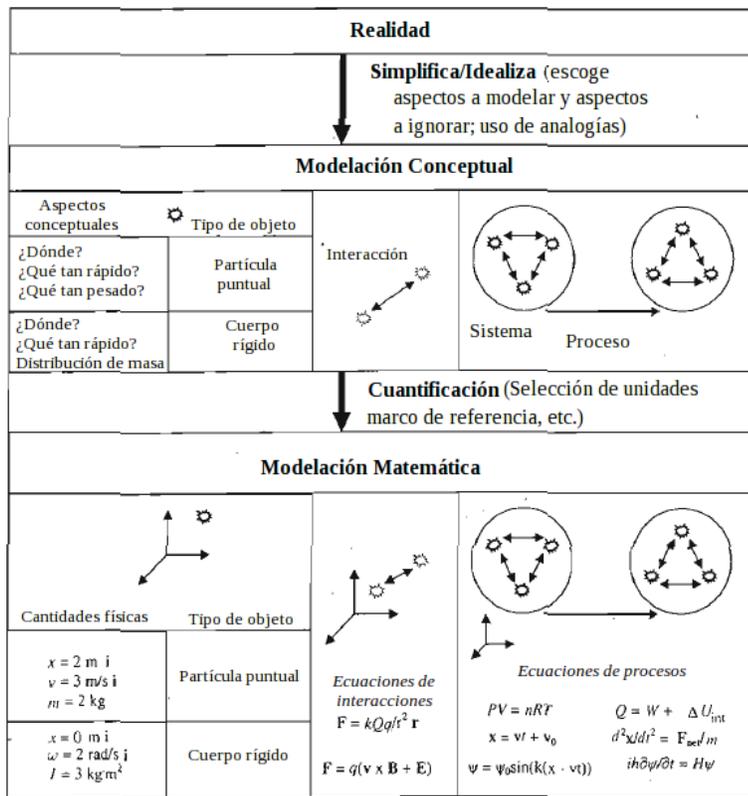


Figura 3.1: Tipos de modelos en física [12]

CAPÍTULO 3. LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Cuando cuantificamos nuestros modelos de sistemas y procesos, obtenemos expresiones matemáticas que llamamos *ecuaciones de estado* y *ecuaciones causales*. Una ecuación de estado describe como una o más propiedades de un sistema varían en relación a las demás, pero la causa del cambio no se especifica. Una ecuación causal, sin embargo, describe como las propiedades de un sistema son afectadas por sus interacciones con el ambiente.

Cada uno de los tipos de modelos mencionados pueden ser representados de muchas maneras, incluyendo palabras, funciones matemáticas, gráficas, imágenes y representaciones específicas del modelo como diagramas de movimiento, diagramas de cuerpo libre, etc. Los estudiantes necesitan aprender cómo usar estas representaciones para resolver problemas específicos.

La naturaleza abstracta de las ciencias amplía el área de uso y la función de los modelos en las clases de ciencias [19]. El estudiante cuando aprende un modelo científico realiza los mismos procesos realizados por los científicos. El estudiante no puede realizar estos procesos por sí solo y deben ser apoyados por los profesores quienes son los encargados de diseñar, construir y aplicar un plan que lleve a ese fin.

Dado que no esperamos que los estudiantes estén a la vanguardia en todos los campos académicos, es necesario decidir qué debe ser incluido en el plan de estudios y qué nivel de presentación del material es apropiado para los alumnos de una edad o curso particular. El conocimiento del plan de estudios que se busca enseñar a los estudiantes representa una simplificación del conocimiento presentado en las revistas científicas, el cual es un modelo curricular de la propia ciencia [37].

En el dominio de la enseñanza de ciencias, es importante hacer una distinción entre modelos mentales y modelos expresados, y modelos curriculares y modelos didácticos. Los modelos mentales son representaciones que mantiene un individuo en su mente, mientras que los modelos expresados son los que encontramos en el dominio público y están abiertos a la crítica y la discusión. El modelo mental de un individuo es un constructo mental personal y, de acuerdo a los constructivistas radicales, este modelo es solo accesible hasta cierto punto [22]. Los modelos curriculares son versiones apropiadamente simplificadas de modelos científicos e históricos encontrados en documentos del programa de estudios oficial y otros indicios del programa provisto. Son introducidos por lo regular por medio de modelos didácticos especialmente desarrollados con el propósito específico de facilitar el entendimiento de los alumnos de modelos científicos o históricos. La construcción de cada uno de los modelos curriculares corre por cuenta, habitualmente, de los autores de los libros de texto. Los modelos didácticos son modelos expresados por los profesores en su exposición en el aula o a través de materiales educativos producidos para las clases [21][37][20][28]. Estas distinciones ahora están siendo usadas para ayudar a entender la forma en que el conocimiento científico es transformado durante el proceso de aprendizaje.

En la figura 3.2 tenemos un representación simple de cómo el conocimiento científico es transformado a través de varios niveles de re-representación antes de ser aprendido en el marco de la ciencia escolar. El proceso para pasar de un nivel de modelo a otro no es directo. Los modelos expresados pueden ser duplicados, pero un modelo expresado a un nivel no puede ser directamente transformado en otro nivel. Cualquier modelo expresado debe primero ser re-representado en la mente antes de ser re-expresado.

El proceso completo de la transformación del conocimiento por tanto consiste de dos aspectos:

- Las formas deliberadas en las cuales el conocimiento científico es simplificado durante el desarrollo del plan de estudios y que el conocimiento que se busca enseñar es re-conceptualizado para adecuarse a la enseñanza en el aula.
- La inevitable degradación y distorsión involuntaria de los significados asociados con cualquier forma de proceso de traducción.

Los procesos por medio de los cuales el conocimiento científico se transforma de manera que sea posible su aprendizaje por los alumnos se le conoce como transposición didáctica, independientemente de su edad y de sus condiciones socioculturales. Como estas últimas son extremadamente diversas también lo es la transposición didáctica [7]. Es importante hacer énfasis que lo anterior

CAPÍTULO 3. LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

3.1. PROBLEMAS DURANTE LA ENSEÑANZA DE MODELOS

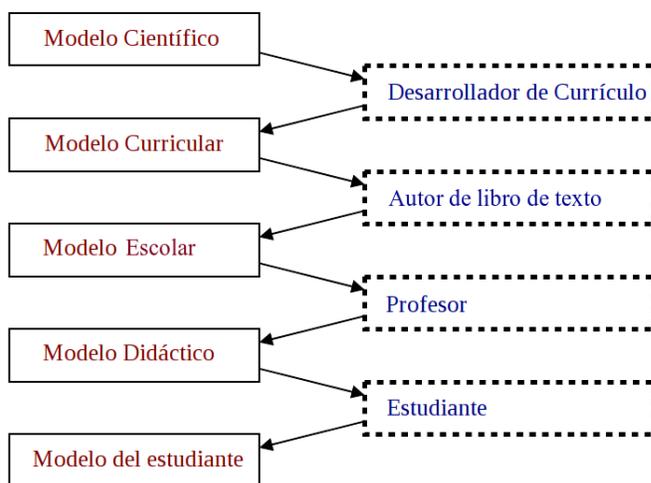


Figura 3.2: Conocimiento científico a través del diseño curricular, la enseñanza y el aprendizaje

no implica que creamos que los alumnos deban pensar como científicos o que se deban convertir en uno. La construcción de modelos es un actividad con mucho potencial para implicar a los alumnos en *hacer ciencia, pensar sobre ciencia y desarrollar pensamiento científico*. De esta forma está dejaría de ser algo que se lee en los libros para transformarse en una actividad mediante la cual los fenómenos se estudian de una forma activa [20].

3.1. Problemas durante la enseñanza de modelos

En general, los profesores de ciencias no han sido formados dentro del problema histórico-epistemológico de la construcción, desarrollo, modificación y sustitución de modelos científicos; por lo regular tienen una visión positivista del mundo, enseñando ciencia desde lo compendiado en los textos didácticos. Una razón de esto es que históricamente la enseñanza se ha ocupado solo de la transmisión de conceptos científicos aislados. Varios investigadores concluyen que los profesores y los aspirantes a profesores de ciencias tienen ideas sobre los modelos científicos que se alejan de lo que han acordado y conceptualizado los especialistas [15].

Se consigue una enseñanza de la ciencia efectiva por medio de la construcción guiada del conocimiento, un proceso dialéctico que implica la re-construcción de las entidades de la ciencia a través de un proceso dialógico mediado por el lenguaje y la interacción social. Aprender ciencia implica manejar el lenguaje y las representaciones de la ciencia. La ciencia escolar es la que corresponde a los conocimientos construidos y elaborados en el entorno escolar. La ciencia como la manejan los científicos no es igual a la usada en el aula, sino una reconstrucción de ésta, al mismo tiempo que tampoco es un reflejo de los saberes cotidianos de los alumnos.

Para los estudiantes es difícil comprender el concepto de modelo científico y pueden fallar al construir un modelo parecido a los modelos didácticos. La mayoría no tiene claro qué son los modelos, sus características, sus funciones y limitaciones. Algunos estudios han mostrado que los alumnos [34]:

- Conciben los modelos como copias de la realidad, algo real pero a otra escala, un ejemplo o caso ejemplar, algo exacto que no contiene errores, un cúmulo de hechos a ser memorizados, una entidad visual.
- Afirman que un modelo es mejor cuanto más se asemeja a lo que representa.

CAPÍTULO 3. LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

3.1. PROBLEMAS DURANTE LA ENSEÑANZA DE MODELOS

- Desconocen que distintos modelos pueden referirse a un mismo fenómeno, enfatizando en diferentes aspectos del mismo.
- Sostienen que el desarrollo de modelos es un proceso lineal y racional.
- Tienen dificultades en identificar los modelos que les fueron enseñados.

Igualmente, también es posible para un profesor usar modelos didácticos que no representen efectivamente el conocimiento que con los modelos curriculares se busca enseñar. Estos problemas surgen de manera individual en el aula y pueden ser considerados en gran parte como una falla de la enseñanza. Sin embargo, también es posible para el profesor más concienzudo y el estudiante más capaz producir modelos expresados que distorsionen el conocimiento científico si el propio modelo curricular no refleja efectivamente el modelo científico. Cuando esto ocurre el problema puede estar más expandido e incluso ser sistemático [37].

Por lo regular los profesores enseñan modelos de forma implícita, pero esta estrategia puede resultar más que insuficiente si se tiene en cuenta que ni alumnos ni profesores advierten que en sus clases se están usando modelos. El otro camino es usar una estrategia explícita por medio de una enseñanza planificada y reflexiva de contenidos relacionados con la naturaleza de las ciencias [34].

A pesar de todo lo anterior, en general, durante el proceso de enseñanza, los profesores tienden a enfocarse en modelos didácticos específicos, en vez de la construcción de modelos por todos en el aula, además de que las características más importantes de los modelos científicos son poco explicadas durante estas actividades. En particular, se centran en el contenido de los modelos científicos o didácticos; lo cual impide que las actividades didácticas de modelación produzcan los resultados esperados [15][34]. Esto conlleva a que no logran comunicar sobre la naturaleza de la construcción de modelos. Además, los profesores necesitan tener un mejor entendimiento de los modelos de sus propios estudiantes. La modelación como una actividad para los estudiantes, a pesar de ser valorado por los profesores, rara vez es practicada realmente en clase. La enseñanza de modelos es compleja y problemática, necesitando de planes pedagógicos diseñados con ese propósito, y apropiados para lo temas que se piensan enseñar [22].

Por otro lado, investigaciones recientes nos llevan a afirmar que en los libros de texto predomina la aproximación y el reduccionismo, difundiendo una enseñanza limitada a las definiciones y al uso de algoritmos [15]. Los modelos científicos en los textos pueden fomentar la construcción de modelos alternativos falsos cuando estos engañan al alumno por demostrar atributos que no son compartidos con lo que está siendo modelado. La utilización indiscriminada, secuencial y alternativa de diferentes modelos científicos, en sus representaciones más simplificadas, carentes de contexto histórico y sin indicación de sus alcances y limitaciones, mezclada con herramientas simbólicas que han surgido de convenciones y acuerdos entre científicos, pero que se enseñan como normativas, nos llevan a sugerir que algunos modelos didácticos utilizados resultan de combinar, sin jerarquía y desordenadamente, modelos, instrumentos, representaciones y recursos sintácticos y semánticos provenientes de la ciencia formal [25].

A menudo los libros de texto presentan esta clase de modelos didácticos simplificados, los cuales presentan ciertas concepciones erróneas:

- En general, provienen de un modelo científico obsoleto y simplificado, descontextualizado de cualquier momento histórico, con la consiguiente apariencia de "verdad imperecedera".
- Los modelos didácticos alternativos sobre el mismo tema parecen siempre simultáneamente compatibles en el mismo curso, libro o ciclo escolar.
- Los modelos didácticos alternativos sobre el mismo tema parecen siempre sucesivamente compatibles; no se habla de su evolución histórica ni conceptual.
- Se imponen desde el texto o en el discurso escolar, no se explica su naturaleza convencional.

CAPÍTULO 3. LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

3.1. PROBLEMAS DURANTE LA ENSEÑANZA DE MODELOS

- Se enseñan como verdades intrínsecas; se considera necesario enseñar *el último modelo*, por lo tanto, no hay contradicciones entre hechos experimentales y modelos anteriores.

Por tanto, si los mensajes del discurso escolar son poco significativos, los alumnos tenderán a otorgarles a estos modelos didácticos simplificados la significación más conveniente según su sentido común personal e idiosincrásico, es decir, acomodarlos a sus propios modelos previos. Es así como muchos aprendizajes podrán ser erróneos desde el punto de vista científico, y constituirse posteriormente en obstáculos epistemológicos y resistencias para acceder al conocimiento científicamente validado [14].

Al tocar el tema de los modelos en el aula hay que tomar en cuenta que los expertos utilizan representaciones explícitas e implícitas, con una movilidad entre las mismas que los alumnos pueden no percibir fácilmente. Además, con fines didácticos, se utilizan simplificaciones de modelos complejos, que se alejan de estos, siendo esta diferencia clara para el experto y no evidente para el que aprende. Como resultado de estas representaciones alternativas no explícitas, los alumnos construyen su propio modelo del fenómeno en cuestión. Esta movilidad mental del experto que salta de una representación a otra en su enseñanza, con cabal conocimiento de lo que hace y porqué lo hace, choca con la rigidez representacional del alumno que, a falta de un vocabulario específico y de conceptos que le permitan fijar en su estructura cognitiva el nuevo conocimiento, debe generalmente renunciar a dar al fenómeno la significación que podría darle el científico, ensayando en su lugar una modalidad de aprendizaje memorístico y ocultando sus propias ideas sobre la situación.

Al usar múltiples modelos en el aula para un fenómeno sin discutir la necesidad de cada uno y su correspondiente contribución a la comprensión global del fenómeno hace que el estudiante piense que existe un modelo correcto, el cual es conocido por el profesor, y el truco se encuentra en saber cuál es. Para evitarlo es necesario que su uso esté acompañado de una discusión histórica sobre el rol de los científicos en el desarrollo de estos modelos, lo cual ayudaría a que los estudiantes entendieran la habilidad de los científicos de imaginar objetos y fenómenos que no son observables.

Varios trabajos muestran que cuando se piensa sobre el trabajo científico, los estudiantes exhiben un realismo ingenuo. Piensan que el conocimiento científico es un conjunto de hechos que son directamente observados y tienen dificultades separando los modelos de la realidad [25].

El pensamiento de los estudiantes sobre los modelos pasa por tres niveles generales:

Nivel 1 Los estudiantes creen que los modelos son simples copias de la realidad.

Nivel 2 Los estudiantes creen que un modelo es visto como una representación de un objeto o evento del mundo real y no como una representación de una idea sobre el objeto o evento del mundo real; piensan que estos son maneras de comunicar información sobre el mundo real. La capacidad de prueba del modelo está limitado a la utilidad del modelo mismo.

Nivel 3 Piensan que los modelos son construidos para el desarrollo y prueba de ideas o teorías sobre el mundo en vez de ser sólo copias de la realidad misma.

Conforme los alumnos van transitando estos niveles de pensamiento, al mismo tiempo tienen su propia visión epistemológica sobre los modelos que les son enseñados en clase, a los cuales les asignan un nivel de credibilidad. Estos niveles de credibilidad son:

Nivel de certeza El estudiante cree que el objeto o fenómeno es real y las ilustraciones del libro de texto reflejan cómo realmente es.

Nivel imaginario El estudiante cree que el objeto o fenómeno es real, pero las ilustraciones del libro de texto reflejan la imaginación de los científicos de cómo realmente es, también creen que estas ilustraciones son cercanas a la realidad y los científicos intentan probarlas.

Nivel de sospecha El estudiante cree que el objeto o fenómeno es real, pero los científicos no pueden imaginárselo, y si hay ilustraciones en el libro de texto para este objeto o fenómeno, entonces están lejos de la realidad.

CAPÍTULO 3. LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

3.2. LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN EL PROGRAMA DE ESTUDIOS 2006

Nivel de negación El estudiante cree que el objeto o fenómeno no es real, que no existe.

Los profesores y autores de libros de texto necesitan considerar la posibilidad de que los estudiantes puedan negar la existencia de las entidades naturales o de los fenómenos. Estudios muestran que este tipo de percepciones epistemológicas van disminuyendo conforme el estudiante va avanzando en su vida escolar y se implica por él mismo en más experiencias prácticas con los modelos. Esto sugiere que los profesores y los autores de libros de texto necesitan integrar más actividades para que el alumno trabaje de primera mano con modelos y su construcción [25][20]. Los estudiantes aprecian más sobre cómo los científicos realmente utilizan los modelos cuando pasan a través de esas experiencias [22][40].

3.2. Los modelos científicos en el Programa de Estudios 2006

En los últimos años, los planes de estudio a nivel secundaria han pasado por un proceso de reformas con la intención de modernizar el proceso de enseñanza en todas las escuelas del nivel secundaria del país. Las reformas actuales de la educación en ciencias en el nivel de secundaria requieren de cambios importantes en la manera en la que se enseña. La preparación de los profesores de ciencias debería ser consecuente con estos cambios y proponer nuevas maneras de enfrentar y resolver la formación de profesores. El enfoque del nuevo programa de estudios para nivel secundaria en México le da un lugar preponderante al uso de modelos en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Sin embargo, las prácticas más comunes de enseñanza rara vez incluyen actividades de modelación y de reflexión sobre el proceso de trabajo científico como una continua construcción y revisión de modelos [7].

Con las reformas que vieron su culminación con el Programa de Estudios 2006 [27] se buscó acentuar el carácter formativo del curso con el fortalecimiento de procedimientos en la ciencia en general. Entre estos procedimientos está el uso y la elaboración de modelos para progresar en la comprensión de algunos conceptos propios de la disciplina científica.

Uno de los cambios más drásticos con respecto a programas anteriores fue el de condensar en una sola materia, llamada Ciencias, los temas que habitualmente se tocaban en las ya extintas materias de Física, Química y Biología. Debido a que la materia de Ciencias se da durante los tres años del nivel secundaria, el programa da ciertos lineamientos que son comunes para los tres años. Uno de los puntos que hace énfasis el programa es en la elaboración de proyectos durante el trabajo en el aula en donde se coloca a la modelación como una de las actividades que se deben fomentar durante la realización de proyectos. En esta clase la construcción de modelos es un medio utilizado para desarrollar explicaciones que han permitido a las generaciones posteriores entender el mundo y afrontar con más confianza los retos que implica la interacción con el entorno. Se busca que los alumnos interpreten fenómenos de acuerdo con los modelos fundamentales de las ciencias.

A pesar de que la materia de Física ya no existe, todos los contenidos que en pasados programas se enseñaban en los dos años que duraba la materia se condensaron en el segundo año de la nueva materia de Ciencias. Como una forma de hacer notar lo anterior el programa hace referencia al segundo año como Ciencias con énfasis en Física.

Para el programa de estudios la física desarrolla conceptos a partir de la modelación de fenómenos físicos. Como la física escolar en este nivel educativo está orientada a favorecer la aplicación de los conocimientos a partir de situaciones de la vida cotidiana, es indispensable que los alumnos cuenten con las herramientas que hacen posible representar los fenómenos y los procesos naturales a través del uso de modelos, para lo cual se requiere elaborar imágenes y representaciones que permitan construir modelos explicativos y funcionales.

De acuerdo al programa, las imágenes y modelos abstractos son elementos para la representación de fenómenos físicos que se abordan durante los bloques 3 y 4 al estudiar los campos de la física correspondientes al modelo de partículas y la constitución atómica.

Durante el bloque 3 se analiza la construcción de modelos para explicar la materia, así como su importancia en el conocimiento científico. Esto con el propósito específico de que el alumno

CAPÍTULO 3. LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

3.2. LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN EL PROGRAMA DE ESTUDIOS 2006

comprenda el papel de los modelos en las explicaciones de los fenómenos físicos, así como sus ventajas y limitaciones.

Aunque el tema de los modelos se aborda en el bloque 3 y 4, esto es solo de forma implícita. Es en el subtema 1.2 del bloque 3 donde se toca el tema de los modelos de forma explícita. Para el subtema 1.2 el programa marca como aprendizajes esperados del estudiante que:

- Identifique y caracterice los modelos como una parte fundamental del conocimiento científico.
- Reconozca que un modelo es una representación imaginaria y arbitraria de objetos y procesos que incluye reglas de funcionamiento y no la realidad misma.
- Interprete y analice la información que contienen distintos modelos de fenómenos y procesos.

Existe un grave problema en el segundo punto. De lo visto en este trabajo de tesis podemos afirmar que aunque parte del proceso de modelación implica un uso creativo de las herramientas a la disposición del modelador para nada se puede decir que un modelo es solamente una representación imaginaria y arbitraria. De acuerdo al Diccionario del Español de México editado por el Colegio de México encontramos que las definiciones de arbitrario e imaginario son:

arbitrario Que ha sido hecho por la simple voluntad, el gusto o la conveniencia de alguien sin considerar las reglas, valores o principios establecidos, o sin tomar en cuenta las características propias del objeto al que se refiere.

imaginario Que sólo existe en la imaginación, que no es real.

Con lo anterior, al decir que los modelos son arbitrarios, el plan de estudios ignora el hecho de que los modelos científicos son el resultado del consenso de la comunidad científica; mientras que al decir que son imaginarios se ignora el hecho de que algo importante en ciencias en general, y física en particular, es que el modelo pueda ser comparado con la “realidad”. Por último, los modelos en física, además de objetos y procesos, modelan sistemas, lo cual no menciona el plan de estudios.

Además, se le da como sugerencia didáctica al profesor que haga uso de simulaciones para ayudar al alumno con contenidos difíciles y que en el análisis de la información de modelos conviene valorar si estos son de tipo científico, en tanto se consideran las reglas de funcionamiento, es decir, las leyes que permiten la explicación y predicción.

Para ayudar al profesor a enfrentar la labor de abordar el subtema 1.2 del bloque 3, la Secretaría de Educación Pública puso a su disposición una secuencia didáctica específica para este subtema en la página:

“http://basica.sep.gob.mx/reformasecundaria/ciencia_tecnologia/ciencias2/secuencias.html”.

En la secuencia didáctica [1] se le comunica al profesor que los alumnos tienen algunas ideas del significado de modelo debido al uso de la palabra en el lenguaje cotidiano, lo cual justifica rescatar el significado de modelo como copia, imitación o reproducción para acercar al alumno a la idea de modelo científico. Dentro de la idea de modelo científico se considera al conjunto de:

- entidades con sus propiedades específicas; esto es la representación esquemática de los componentes de un sistema real o conjeturado.
- leyes acerca del comportamiento de las entidades, que permiten la explicación y la predicción.

Por último se le introduce al profesor los tres niveles de pensamiento sobre los modelos que tienen los estudiantes que discutimos en el capítulo 2.

El tema de los modelos científicos se abordaría en 4 fases. La primera fase se enfoca a responder la pregunta ¿Qué modelos conozco? En esta fase se busca que el alumno exprese sus ideas previas sobre los modelos y que reconozcan la idea de representación como característica de los modelos.

Con las actividades de la fase 2 y 3 se espera que el estudiante sea capaz de interpretar información de diferentes modelos e identificar las características de los modelos científicos, por ejemplo:

CAPÍTULO 3. LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

3.2. LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN EL PROGRAMA DE ESTUDIOS 2006

- Son representaciones de la realidad.
- Están constituidos por elementos.
- Permiten describir, explicar o predecir.
- Pueden ser de diferentes tipos.

En la fase 4 la pregunta a responder es ¿qué aprendí de los modelos? En esta fase final el propósito es que el alumno pueda interpretar y explicar modelos.

Una enseñanza de la ciencia a partir de modelos, como lo propone la SEP, debe ir acompañada por una formación de recursos humanos acorde con los nuevos tiempos y que no recoja únicamente las discusiones sobre su importancia sino también experiencias de los docentes en su construcción e implementación en las aulas. Para ello es fundamental contar con profesores dispuestos a reflexionar sobre su ejercicio docente, a cuestionar aquellas cosas que se dan por sentadas y a vincular la teoría con la práctica a través de experiencias que pudieran llevar a cabo en el aula [7].

Capítulo 4

El tema de los modelos científicos en los Libros de Texto aprobados por la SEP

Para este trabajo se analizaron 20 libros de texto para el curso de Ciencias II a nivel secundaria que fueron aprobados para el ciclo escolar 2009-2010 y que se encuentran en la página “<http://seleccionsecundarias.com/>” en formato digital.

A continuación se dan algunos comentarios y ejemplos sobre lo que dicen cada uno de los libros que se analizaron para este estudio. A pesar de que el programa de estudios marca que la enseñanza de modelos científicos es parte integral durante todo el ciclo escolar, sólo nos enfocamos en el subtema 1.2 del bloque 3, donde se estudian los modelos de forma explícita.

4.1. Ciencia y movimiento 2 (Fernández Editores)

El libro Ciencia y movimiento 2 [8] empieza marcando los aprendizajes esperados, los cuales son los mismos del programa de estudios. La definición de modelo proporcionada es:

Expresión, teoría o hipótesis de un fenómeno real. Un modelo permite la descripción del fenómeno, así como la predicción de su comportamiento en un futuro próximo.

La definición anterior, en vez de ayudar, solo confunde al estudiante debido a que una expresión, una teoría, una hipótesis y un modelo son términos que designan conceptos totalmente diferentes. Al explicar el concepto de modelo, el libro dice que este es teoría (sic) y se destaca su capacidad de describir y predecir fenómenos.

Se le pide al alumno que identifique modelos que haya usado, usando como base la secuencia didáctica propuesta por la SEP. En este ejercicio da como ejemplo de modelo un *ojo* pero no se especifica a qué clase de representación hace referencia.

Luego se le dan al alumno varios ejemplos de modelos para que identifique características similares y diferentes entre ellos. Los modelos que se proporcionan son gráficas de distancia contra tiempo y velocidad contra tiempo, expresiones matemáticas para la interacción gravitacional y electrostática, un carro de mina con un vector de magnitud $5N$ y $2kg$ de peso, la expresión matemática de la segunda ley de Newton, un dibujo de un horno solar, una foto de una central térmica solar, la definición de torque en palabras y matemáticamente, un dibujo con la idea aristotélica de los cuatro elementos y su posición en el universo y un dibujo del sistema solar enfatizando la posición de la Tierra con respecto a los demás planetas y el sol.

CAPÍTULO 4. EL TEMA DE LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN LOS LIBROS DE TEXTO APROBADOS POR LA SEP

4.2. CIENCIAS 02. FÍSICA (RÍOS DE TINTA)

Después de estas actividades se le dice al alumno que se emplean diferentes modelos para representar ideas o conceptos. Se menciona el uso de modelos para simplificar, explicar y entender procesos que resultan difíciles de visualizar. Para el autor un modelo puede ser una maqueta o un aparato escala, una representación gráfica, una ecuación matemática, una imagen mental, una descripción verbal o una simulación física o por computadora. Además, se menciona la capacidad de modificación a través del tiempo de los modelos y su posible abandono cuando el modelo deja de ser útil.

Por último, se da como ejemplo de modelo el famoso dibujo de Newton sobre lanzamiento de proyectiles y lo que pasaría si se lanzara un proyectil a la velocidad de escape, aunque incorrectamente se cita que el dibujo aparece en el libro “Principios matemáticos de la filosofía natural” cuando el dibujo es del libro “El sistema del mundo”.

Todo este contenido se vuelve a retomar durante el estudio del bloque 3.

4.2. CIENCIAS 02. FÍSICA (Ríos de Tinta)

Al principio del bloque el libro CIENCIAS 02. FÍSICA [33] marca cuales son los aprendizajes esperados, que son los mismos del programa de estudios. En el subtema 1.2, los autores empiezan el tema sobre modelos suponiendo que los alumnos ya saben lo que es uno y por tanto nunca lo especifican. En su lugar, utilizan el trabajo realizado en el bloque 1 para introducir al alumno al concepto de modelo matemático; al mismo tiempo destacan la capacidad descriptiva y predictiva de los modelos, así como la posibilidad de que pueden existir varios modelos para un mismo fenómeno. Para poner en contexto lo anterior se da una reseña histórica sobre el modelo geocéntrico y heliocéntrico del universo y la discusión que se dio durante el renacimiento sobre la veracidad de estos modelos, se destaca el trabajo de Kepler como el detonante que puso las cosas a favor de Galileo. Además se menciona el trabajo de Newton como la culminación del trabajo iniciado con Galileo. Para ayudar a comprender al alumno el poder predictivo de estos modelos, se da como ejemplo el descubrimiento del planeta Neptuno.

Posteriormente se discute el electromagnetismo y cómo su incompatibilidad con los resultados de la mecánica dio pie a otra discusión que llevó al surgimiento de la teoría de la relatividad. Del mismo modo se menciona que con la termodinámica empezó una discusión que terminó con el surgimiento de la mecánica cuántica. Para que el alumno esté consciente que el cambio constante en los modelos de física es un proceso vigente en nuestros días, el autor menciona que actualmente existen inconsistencias entre la mecánica cuántica y la relatividad. Para finalizar, se hace énfasis en que los modelos no representan la realidad.

Todo este contenido se vuelve a retomar durante el estudio del bloque 3.

4.3. CIENCIAS 2. Física (Trillas)

El libro CIENCIAS 2. Física [4] retoma la teoría heliocéntrica como un ejemplo de modelo (sic) para de ahí poder dar la siguiente definición de modelo:

Un modelo consiste en una representación imaginaria de objetos y procesos, que incluye reglas de funcionamiento; así como predicciones que se puedan confrontar con resultados de observaciones y experimentos.

En este libro se da una distinción entre modelo y modelo científico. Se menciona que para que sea un modelo científico, las predicciones del modelo deben ser confirmadas con resultados de observaciones y de experimentos, lo cual provoca que vayan cambiando con el tiempo. Para ejemplificar lo anterior se menciona al modelo geocéntrico del universo y como se fue modificando con los trabajos de Galileo y Newton.

Después se menciona que un conjunto de modelos científicos constituye una teoría. Esta afirmación es muy vaga ya que lo hace mencionando modelos de física, química y biología; por lo que no queda muy claro que querían expresar los autores.

Finalmente, se hace explícito que posteriormente se estudiaran a fondo modelos de la estructura atómica en el próximo capítulo.

4.4. Ciencias 2 (Fernández editores)

Al principio el libro Ciencias 2 [23] marca cuales son los aprendizajes esperados, que son los mismos del programa de estudios. Después, menciona que los modelos se usan para representar ideas y conceptos o explicar de forma más práctica y simplificada.

Dice que una maqueta o un aparato a escala puede ser un modelo así como una representación gráfica o una ecuación matemática. También, que un modelo es una teoría (sic) o hipótesis de un fenómeno real, y que permite la descripción de un fenómeno, así como predecir su comportamiento en el futuro.

Como una característica para que los modelos cumplan con las funciones nombradas, se exige que los modelos permitan operar sobre ellos produciendo transformaciones o procedimientos experimentales que arrojen datos o información compatible con los fenómenos que representan.

Luego, el libro establece que:

En ciencias un modelo es una analogía, es decir, una semejanza entre el sistema que se propone como prototipo y el sistema en estudio, y no se debe interpretar como la imitación o reproducción a escala del fenómeno en estudio. Digamos que es el diseño de una hipótesis o suposición que se tendrá que ir modificando y perfeccionando conforme sea necesario.

Los modelos se construyen o diseñan de manera tal que se puedan establecer comparaciones entre el fenómeno en estudio y el modelo, y así obtener la mayor cantidad de similitudes entre ambos. Para ejemplificar todo el contenido expuesto en los párrafos anteriores se utilizan de ejemplos dos imágenes que representan al sistema solar y al modelo atómico de Bohr, para citar la similitud entre ellos.

En este libro el concepto de modelo no se vuelve a mencionar durante el siguiente tema del bloque 3 hasta el segundo subtema.

4.5. Ciencias 2. Física (Ediciones Larousse)

Ciencias 2. Física [18] empieza con la discusión sobre los modelos destacando que son instrumentos para lograr los objetivos que se plantea la física. Al dar una definición de modelos hace distinción entre el uso habitual de la palabra modelo y el papel de estos en la ciencia.

Los modelos científicos representan la teoría, muestran las condiciones ideales en las que se produce un fenómeno al verificarse una ley o una teoría y, por otro lado, constituyen una muestra particular de la explicación general que da la teoría.

Esta definición se complementa con el comentario de que para los físicos un modelo es una descripción idealizada de un sistema físico o de un fenómeno natural. Como ejemplo de modelo científico se menciona el sistema de Tolomeo del universo y como se fue modificando con el tiempo. Otro es el modelo atómico de Bohr, como ejemplo de como los modelos ayudan a comprender la teoría enlazando lo abstracto con esta. También se dice que con los modelos se puede someter a la teoría a comprobaciones empíricas y que la construcción de modelos es una de las tareas básicas de la labor científica.

**CAPÍTULO 4. EL TEMA DE LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN LOS LIBROS
DE TEXTO APROBADOS POR LA SEP
4.6. CIENCIAS 2. FÍSICA (MACMILLAN DE MÉXICO)**

Se hace la aclaración de que los modelos son imperfectos. Se da como ejemplo, el hecho de que al modelar el movimiento de una pelota de béisbol se ignora la resistencia del aire al construir el modelo.

Los autores de este libro van más allá del programa de estudios al agregar un apartado donde proporcionan una clasificación de modelos. La clasificación que proponen es

Modelo material Representación parcial de una teoría, son útiles porque permiten la realización de experimentos en condiciones más favorables que las que rigen en el sistema original. Ejemplo: para estudiar la resistencia de diversos materiales de construcción en un edificio que se este construyendo, se realiza un modelo en un laboratorio modificando la escala espacial.

Modelo formal Representación de una teoría que se supone semejante a la de un sistema real. Puede ser expresado como:

- a) Modelo verbal. Descripción oral o escrita del modelo teórico. Ejemplo: "La distancia que recorre un móvil que tiene un movimiento rectilíneo y uniforme es directamente proporcional al tiempo"
- b) Modelo gráfico. Diagrama o gráfica que describe el modelo. Se pone como ejemplo una gráfica de distancia contra tiempo de un movimiento rectilíneo uniforme.
- c) Modelo matemático. Es una ecuación o relación que suministra las precisiones cuantitativas del modelo. Ejemplo: Ecuación para determinar la distancia recorrida por un móvil sin aceleración en función del tiempo.

El concepto de modelo se sigue utilizando posteriormente en el libro.

4.6. Ciencias 2. Física (Macmillan de México)

El libro Ciencias 2. Física [29] empieza reproduciendo la definición de modelo del programa de estudios:

Los modelos son representaciones imaginarias y arbitrarias, pero que nos permiten describir a las cosas y su funcionamiento.

Como ejemplo se menciona el modelo atómico, el modelo cinético de las partículas y para ilustrar un dibujo de la molécula de cloruro de sodio.

Después se menciona que un modelo además de describir, es capaz de explicar los fenómenos. Como ejemplo de lo anterior se pone la ley de la gravitación universal.

Se propone una actividad para que los estudiantes construyan sus propios modelos sobre la materia para intentar explicar los estados sólidos, líquidos y gaseosos y algunos fenómenos relacionados.

Luego se menciona que los modelos cambian con el tiempo; para ejemplificarlo, usa el modelo de Newton para explicar el movimiento de los objetos y como tuvo que ser modificado por el trabajo de Albert Einstein.

También se hace notar que los modelos no afectan la realidad, el ejemplo utilizado es el modelo de la conservación de la materia y la energía y como este se puede utilizar para explicar el funcionamiento de una olla exprés. Si el modelo fuera sustituido por otro, no afectaría al hecho real de que funciona la olla exprés.

Por último, se le recuerda al alumno que los modelos también se usan en otras ramas de la ciencia, como los utilizados para explicar la evolución en biología.

Estos conceptos se siguen usando durante el resto del capítulo.

4.7. Ciencias 2. Física (Oxford University Press)

Ciencias 2. Física [10] empieza con los aprendizajes esperados que son los mismo del programa de estudios. Para definir el concepto de modelo se parte de que los científicos entienden que:

Un modelo es la representación o analogía conveniente de un sistema real.

Luego se mencionan ejemplos de modelos a los aviones de papel, así como los modelos a escalas de buques y aviones utilizados en túneles hidrodinámicos y de viento respectivamente.

Después se especifica que los modelos no son la realidad pero representan fielmente los elementos más importantes para servir como medio transmisor de una idea, y también las características de fenómenos de tal forma que se pueda tener control sobre ellos. El ejemplo propuesto es la formula para calcular la velocidad de un objeto con aceleración cero, aplicado aun vehículo.

Por último el autor da tres criterios principales que un modelo debe satisfacer:

- Deber ser lo más simple posible.
- No debe ser incompatible con las teorías establecidas en campos de estudio relacionados.
- Debe ser capaz de predecir fenómenos que puedan ser comprobados de manera experimental.

Los ejemplos dados son el considerar a la Tierra y la Luna como partículas puntuales, el modelo de onda-partícula de la luz, el modelo atómico y el Big Bang.

La idea de modelo se sigue utilizando durante todo el bloque 3.

4.8. CIENCIAS 2. Física (Grupo Editorial Patria)

El libro CIENCIAS 2. Física [31] empieza con los aprendizajes esperados que se reducen a ser capaz de reconocer que los modelos son útiles para hacer una representación imaginaria y convencional de fenómenos microscópicos.

Al principio se menciona que desde un punto de vista científico:

Un modelo es una representación imaginaria y convencional de objetos y procesos que siguen reglas que tienen sustento científico, pero no representan la realidad misma. Se proponen y se aceptan por la comunidad científica después de que demuestran que existen evidencias comprobables obtenidas con base en la experimentación y que las magnitudes que se usan en el modelo tengan la factibilidad de medirse. Además, cualquier proposición hecha de un modelo o que se derive de él, debe poder ser refutable, a medida que se logren nuevos avances de la ciencia.

Al final el autor sintetiza el contenido del subtema sobre modelos con lo siguiente:

Un modelo es una representación imaginaria y arbitraria (sic) de objetos y procesos; que incluye reglas que tienen sustento científico, pero no representan la realidad misma. Por ello no se debe confundir la observación de los objetos a nivel macroscópico, con el mundo microscópico, en el cual es absolutamente necesaria la abstracción y la representación por medio de modelos que representen lo que se supone sucede con el movimiento de las partículas o corpúsculos basados en evidencias científicas obtenidas mediante la experimentación.

Para que un modelo científico sea aceptado debe demostrar la existencia de evidencias que se puedan comprobar, así como que las magnitudes usadas en el modelo sean factibles de medirse y, además, debe poder ser refutable, a medida que se tenga una mayor información y evidencia, como resultado del avance constante de la ciencia.

**CAPÍTULO 4. EL TEMA DE LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN LOS LIBROS
DE TEXTO APROBADOS POR LA SEP
4.9. CIENCIAS 2 CON ÉNFASIS EN FÍSICA (GRUPO EDITORIAL PATRIA)**

Nótese que a pesar de que en los aprendizajes esperados el autor dice que los modelos son representaciones convencionales, al final del capítulo utiliza la definición curricular de modelo como representaciones arbitrarias.

Los ejemplos utilizados son un modelo de cómo se comporta una variable respecto del tiempo transcurrido, así como sus gráficas correspondientes; dibujo de las partículas de sistemas sólidos y gaseosos; una gráfica de la temperatura de un paciente con respecto al tiempo y la imagen de partículas en un sistema líquido.

Estos conceptos se siguen utilizando durante el transcurso del bloque 3.

4.9. Ciencias 2 con énfasis en física (Grupo Editorial Patria)

El libro Ciencias 2 con énfasis en física [36] empieza hablando sobre los modelos mentales que son los que imaginamos para después representarlos, dando como ejemplo de ello dibujos realizados por los alumnos sobre la contaminación a escala global y las tenias, al igual que el dibujo de unas canicas con el objetivo de sumarlas.

Como definición de modelo se da:

Todo modelo es una representación simplificada de la realidad, que nos permite comprender y explicar lo que no podemos ver.

Un problema de la definición anterior es que los modelos no solo representan objetos y/o fenómenos que no podemos ver, además al principio se muestra el dibujo de canicas para realizar una cuenta aritmética como ejemplo del modelo, las cuales pueden ser vistas por los alumnos. Por tanto, esta definición se contradice con los propios ejemplos proporcionados al principio del subtema.

Después, el libro agrega que además de representar, los modelos se usan para describir y explicar objetos y situaciones que no se pueden percibir en su totalidad con solo nuestros sentidos. Como ejemplos ponen imágenes de la cosmovisión inca del universo, el modelo geocéntrico de Tycho Brahe y un dibujo (figura 4.1) que, de acuerdo al libro, representa los movimientos de los cuerpos del sistema solar, según las teorías de Alfvén y Hoyle.

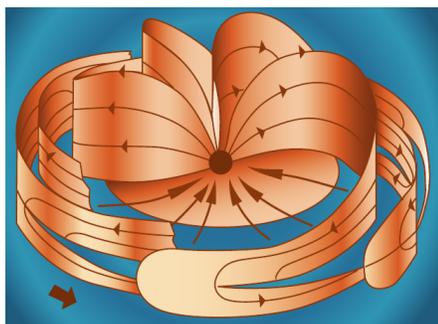


Figura 4.1: Modelo de Alfvén y Hoyle tal y como aparece en el libro

Se utilizan para mostrar que con el avance científico y tecnológico, los investigadores construyen modelos mas cercanos a la realidad que permiten generar transformaciones o procedimientos experimentales que arrojen datos o información compatible con los fenómenos reales. Se marca que esta característica define a los modelos científicos.

También, se puntualiza que los científicos descartan factores que a su parecer son irrelevantes para la construcción de un modelo. Además se considera que un modelo científico es válido cuando

CAPÍTULO 4. EL TEMA DE LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN LOS LIBROS DE TEXTO APROBADOS POR LA SEP

4.10. ENERGÍA. FÍSICA (SM DE EDICIONES)

conserva las partes y relaciones que se consideren apropiadas de aquello que se está representando; y que se debe tener claro las semejanzas y diferencias con la realidad.

Por último se resumen las características de los modelos científicos en cinco puntos:

- Se aproximan a la realidad. Ejemplo: Globos terráqueos.
- Pueden ser representaciones múltiples de un mismo objeto o fenómeno de estudio. Ejemplo: Cartografía y sus diferentes formas de representar a la Tierra en un plano.
- Nos sirven como instrumentos para ayudar a entender una idea o un fenómeno. Ejemplo: las gráficas y diagramas usados en el Bloque 1 que trata sobre cinemática.
- Sirven para hacer predicciones e indagar; para formular teorías y someterlas a prueba y para divulgar sus resultados. Ejemplo: modelo del calentamiento global de la Tierra.
- Están en construcción continua y son modificables, dependiendo de los cambios en el pensamiento científico, de los avances tecnológicos y de los nuevos hallazgos. Ejemplo: Modelo del átomo.

Estos conceptos se siguen usando durante los temas siguientes del bloque 3.

4.10. ENERGÍA. Física (SM de Ediciones)

El libro ENERGÍA. Física [9] empieza sobre como distintos mapas de una misma zona geográfica pueden representar cosas diferentes de acuerdo a la necesidades del usuario, para decir que los modelos realizan una función análoga. Como ejemplo se muestran una foto satelital, un mapa y un croquis de las líneas de metro de la misma zona geográfica.

Luego se expande el concepto de modelo haciendo notar que:

Un modelo es una forma de explicar un fenómeno físico y siempre está a prueba: cuando se hacen más exploraciones, es decir, más experimentos, los resultados se comparan con lo que el modelo dice que debemos encontrar y, si están de acuerdo, el modelo se conserva. Por otro lado, si en los experimentos no se observa lo que el modelo dice que debemos hallar, entonces debe corregirse, cambiarse o desecharse para dar paso a uno nuevo. Así, cada modelo nuevo se acerca más a lo que observamos de los fenómenos físicos y nos ayuda a tener una mejor comprensión de éstos.

Después, se mencionan varios ejemplos de modelos. Una cosa sobresaliente de este libro es que no simplemente menciona los ejemplos, sino que por cada uno de estos se intenta contextualizar el modelo a través de cómo fue cambiando durante la historia de la ciencia y qué es lo que el modelo intenta representar y por qué. Al explicar cuáles son los elementos a modelar, se acerca mucho a la propuesta de Eugenia Etkina de hacerle notar al alumno que en física se modelan objetos, interacciones y procesos; aunque nunca de forma explícita. Durante estas reseñas por cada modelo, el libro hace notar las características básicas de describir, explicar y predecir de los modelos y como fueron modificados y/o reemplazados por otros.

Para ejemplificar se habla del modelo de los vórtices de Descartes que intentaban explicar la formación del sistema solar, el modelar los planetas como péndulos para describir su movimiento, la carga eléctrica como sustancia y el modelo actual donde se modela como partículas de carga positiva o negativa y por último la idea de modelar el campo magnético terrestre como el de un imán, así como un modelo para explicar la fuerza magnética de un imán.

En este libro se le hace explícito al alumno que los temas y actividades que siguen a continuación es con el objetivo de aprender sobre la construcción de modelos.

4.11. Física. Serie Comunidad (SM de Ediciones)

El libro Física. Serie Comunidad [16] empieza mostrando los aprendizajes esperados que son los mismos que los del programa de estudios, para luego pasar a la idea de que las maquetas, los bocetos, los mapas y las fotografías son ejemplos de modelos (sic). Sin embargo, se hace la aclaración de que en ciencia los modelos son representaciones de fenómenos naturales cuyo fin es explicar el comportamiento y evolución de las manifestaciones físicas de la materia. Los cuales se definen como:

Los modelos científicos representan un determinado aspecto de la realidad con el fin de estudiarla y de que ésta resulte más comprensible.

Estos se construyen a partir del pensamiento humano y se busca su comprobación sometiéndolos a pruebas constantes. Además, son importantes por su capacidad de explicar y predecir como ocurre un fenómeno natural. Estos pueden ser teóricos o experimentales y están constituidos por un conjunto de:

- fenómenos, entidades u objetos, que pueden ser materiales o formales.
- enunciados legales que se refieren al comportamiento del objeto o fenómeno de estudio

Para ilustrar estos conceptos se utilizan un boceto de un invento de Leonardo Da Vinci y la foto de un escultura representando el modelo de doble hélice del ADN.

Se sigue utilizando el concepto de modelo en los temas posteriores.

4.12. Ciencias 2. Física (Ediciones Castillo)

En el libro Ciencias 2. Física [17] se encuentra que

Un modelo es la representación conceptual o física de un sistema real.

Ejemplos de la definición anterior son un retrato, una caricatura y la fotografía de uno (sic). Una función de los modelos es simplificar el estudio de un sistema real, para ejemplificar se menciona cómo los arquitectos y los alumnos usan y fabrican maqueta. Otros ejemplos dados son la cosmovisión hindú y griega del universo.

Representaciones físicas de objetos son los barcos a escala, mapas, gráficas o un esquema del aparato circulatorio; también pueden representar ideas abstractas, como la segunda ley de Newton.

A pesar de que el conocimiento científico se va modificando con el tiempo, las características de los modelos son:

- Ser lo más simple posible, considerando para que será utilizado.
- Debe ser compatible con nuevas observaciones y modelos previos aceptados.

Posteriormente el texto agrega que los modelos son representaciones imaginarias y arbitrarias (sic) que incluyen ciertas reglas impuestas por la realidad, pero no son la realidad misma.

Los usos de los modelos es explicar algún fenómeno, hacer mediciones o predecir fenómenos que puedan ser comprobados experimentalmente.

Como ejemplos de modelos científicos se cita el modelo heliocéntrico de Aristarco, como fue retomado por Nicolás Copérnico y utilizado por Edmund Halley para determinar el movimiento del cometa Halley; y la idea de Eratóstenes de modelar la tierra como una esfera para determinar la circunferencia de la Tierra.

Por último, se especifica que un modelo es arbitrario porque depende de la interpretación de la realidad que hagan quienes lo construyen. Como se expuso en los primeros 2 capítulos de esta

**CAPÍTULO 4. EL TEMA DE LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN LOS LIBROS
DE TEXTO APROBADOS POR LA SEP
4.13. CIENCIAS 2. SERIE DIÁLOGOS (MACMILLAN)**

tesis, es factible decir que el modelo necesita ser interpretado por quien lo construye y lo usa, pero esa interpretación no se puede decir que es arbitraria ya que un modelo debe estar inmerso en una estructura lógica que le da sentido a su construcción y uso.

Estos conceptos se siguen utilizando durante el bloque 3.

4.13. CIENCIAS 2. Serie diálogos (Macmillan)

En el libro CIENCIAS 2 [32] primero aparece un pequeño artículo sobre los modelos que tenían los científicos sobre el planeta Mercurio y como los fueron cambiando con ayuda de los satélites que fueron mandados para estudiarlo.

Después de este texto se introduce al alumno al concepto de modelo usando como ejemplo un barco a escala para destacar que los modelos representan cosas que uno observa y quiere comprender mejor.

La definición proporcionada por el libro es:

Un modelo es una representación menos compleja de algo real.

Estas representaciones serían de un modo arbitrario (sic), o hasta imaginario, pero no son iguales a lo que se quiere estudiar.

Otros ejemplos mencionados son las maquetas, los mapas, un modelo climático por medio de una simulación por computadora y un mapa antiguo de Anaximandro.

Al referirse sobre los modelos en la actividad científica, se dan como ejemplos la idea de modelar los gases como si estuvieran formados por partículas, el modelo del ADN y el modelo atómico de Bohr.

Por último se especifica que los modelos científicos pueden ser matemáticos, como las ecuaciones de cinemática; gráficos como los usados en cinemática; o materiales, donde se vuelve a utilizar el ejemplo del barco a escala.

Para continuar el estudio del Bloque 3 se parte explícitamente de la idea de modelo mostrada durante el subtema.

4.14. La magia de la ciencia (McGraw-Hill/Interamericana Editores)

En el libro La magia de la ciencia. Física [2] se empieza con los mapas como ejemplos de modelos físicos y para diferenciarlos de los modelos mentales. Otros ejemplos dados son los modelos de automóviles, aviones, barcos y edificios. Estos se usan para comprender como se construyen un objeto o como funciona, se someten a pruebas y se revisan periódicamente para realizar otras pruebas.

Se hace mucho énfasis en el concepto de escala para la construcción de modelos. También se menciona que una balanza construida por el alumno es un modelo de una balanza industrial (sic). A los modelos científicos se les define como:

Un modelo científico es un instrumento diseñado que ayuda a entender y a explicar las observaciones que se ven a simple vista.

Finalmente, se muestra que el dibujo del sistema solar hecho por el alumno es un ejemplo de modelo científico (sic), así como una maqueta, un diagrama o un mapa. Otra función que cumplen es la de explicar fenómenos.

Este concepto se sigue usando durante el resto del Bloque 3.

4.15. Ciencias 2. Física (Esfinge)

Los principales conceptos sobre modelos del libro Ciencias 2. Física [6] aparecen resumidos en un mapa conceptual, véase la figura 4.2. Al mencionar que los modelos son representaciones de objetos, sistemas y procesos, muy parecido a la sugerencia que menciona Eugenia Etkina para los modelos en física, aunque sin mencionar las interacciones entre objetos. Otras características de los modelos que se puntualizan son su propiedad de ser diferentes de la realidad y que se construyen a lo largo de la historia.

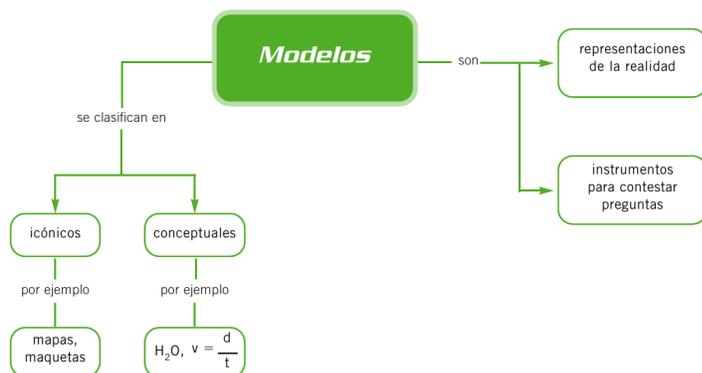


Figura 4.2: Mapa conceptual sobre modelos del libro Ciencias 2. Física

En este libro sí se hace una distinción clara del modelo científico afirmando que un modelo merece esa distinción cuando es aceptado por la comunidad científica.

Se utilizan varias fotografías para ilustrar la idea de modelo: de una locomotora de juguete, de una maqueta de un átomo, de un dinosaurio mecánico, de una maqueta de una casa, de una rata de laboratorio y de un automóvil en un túnel de viento.

Por último, se destaca que los modelos se desarrollan por medio de un proceso iterativo, en el cual la evidencia empírica permite revisar y modificar sus supuestos básicos; los modelos serían parte de una secuencia histórica en un área particular del saber científico. El caso de como Edmund Halley usó el trabajo que Newton publicó en su *Principia*, se utiliza como ejemplo de lo anterior.

Durante el resto del capítulo 3 se sigue utilizando extensamente el concepto de modelo y las ideas expuestas en este subtema.

4.16. Ciencias 2. Física (Santillana)

Para el libro Ciencias 2. Física [24] los modelos son:

Representaciones imaginarias o mentales, arbitrarias (sic), que sirven para describir la realidad, aunque no se conozcan todos los detalles. Para cumplir con ello, deben tener cierta similitud con lo que se estudia. Sólo de esta manera resultarán útiles para comprender, descubrir y estudiar nuevas relaciones y avanzar en el conocimiento de lo que nos rodea.

Se menciona que los modelos pueden ser reproducciones a escala de objetos reales y de sus características más importantes, como los mapas, los planos de una construcción o los coches a escala para armar. Esto permite descubrir, manejar y estudiar nuevas relaciones con mayor facilidad y menos costo, como una cabina de avión o los muñecos con los que los paramédicos aprenden a

CAPÍTULO 4. EL TEMA DE LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN LOS LIBROS DE TEXTO APROBADOS POR LA SEP

4.17. CIENCIAS DOS. CONEXIONES (NUEVO MÉXICO)

dar reanimación. Por otro lado estarían las expresiones matemáticas como ejemplos de modelos que no son físicos.

Un problema detectado en el libro es que se mencionan a los modelos teóricos como un tipo de modelos. Sin embargo, como vimos en el capítulo 2, los modelos y las teorías, aunque están relacionados, no son lo mismo. Por tanto la designación de modelos teóricos podría confundir al estudiante.

Posteriormente se refuerza el concepto de modelo por medio de actividades para que el alumno construya sus propios modelos.

4.17. Ciencias dos. Conexiones (Nuevo México)

El libro Ciencias dos. Conexiones [5] toma un enfoque totalmente diferente para afrontar el tema sobre modelos. Se rescata el concepto de hipótesis introducido en el curso de Ciencias 1, para poder decir que un modelo se elabora a partir de la articulación de un conjunto de hipótesis que se han validado y después imaginar qué ocurriría.

A diferencia de otros libros que dejan el problema de la construcción de modelos como algo implícito durante el resto del bloque 3 donde se estudia diferentes modelos para explicar la materia, en este libro se afronta de forma explícita esta cuestión usando como ejemplo cómo modelar el vuelo de una mosca. De esta forma se destaca que para construir modelos se ignoran características del objeto a modelar y que no necesariamente se debe tener conocimiento del objeto a modelar a través de nuestros sentidos. Otro ejemplo de esto proporcionado por el libro, es el caso de los modelos sobre las características de criaturas en el fondo marino mucho antes de los viajes de exploración.

También se utilizan los modelos de Ptolomeo, Copérnico y Kepler sobre el universo para dar a conocer como los modelos simplifican el objeto de estudio, se van modificando con el tiempo y sirven para la adquisición de conocimiento científico.

Al final se cita la definición de modelo del programa de estudios:

Un modelo científico es una representación imaginaria y arbitraria de objetos y procesos que incluye reglas de funcionamiento y no la realidad misma.

Posteriormente se parte del concepto de modelo para discutir las diferentes propuestas para explicar de qué están hechas las cosas.

4.18. Competencias Científicas 2 (Grupo Editorial Norma)

En libro Competencias Científicas 2 [3] se distingue que los modelos son representaciones de objetos que pueden ser físicos o abstractos, por ejemplo un globo terráqueo y el Big Bang, respectivamente. De lo anterior el libro deduce que:

Un modelo es una representación de la realidad; pero no es la realidad en sí misma.

Otro punto importante que recalca es que los modelos no son copias exactas de la realidad ya que no incluyen todas las características del fenómeno que representan, sino solo las necesarias que permitan formular explicaciones. Como ejemplo de esto se mencionan los autos a escala.

Con un modelo se trata de comparar el fenómeno que se estudia con otros fenómenos conocidos para encontrar analogías y probar hipótesis. También que se modifican con el tiempo y permiten explicar el fenómeno en estudio

Un punto interesante que cita el libro es que el contexto histórico y cultural afectan a la construcción de modelos. Para ejemplificar esto se parte de el modelo de la Tierra plana y como este modelo se fue modificando por los viajes de exploración de la época. Este mismo ejemplo se utiliza para destacar que un modelo puede ser útil y, sin embargo, ser erróneo.

Este libro también empieza explícitamente del concepto de modelo para abordar el tema de los diferentes modelos sobre la materia durante el resto del capítulo 3.

CAPÍTULO 4. EL TEMA DE LOS MODELOS CIENTÍFICOS EN LOS LIBROS DE TEXTO APROBADOS POR LA SEP

4.19. CIENCIAS 2. FÍSICA (EDICIONES CASTILLO) DE TRIGUEROS GAISMAN Y PIMENTEL HENKEL

4.19. Ciencias 2. Física (Ediciones Castillo) de Trigueros Gaisman y Pimentel Henkel

En Ciencias 2. Física [38] se hace la distinción entre el significado de la vida diaria y su significado en ciencias de la palabra modelo. En ciencias:

La palabra modelo lo usamos para describir una idea que nos permite imaginar el funcionamiento de algún fenómeno o artefacto.

Así se puede deducir las propiedades que debe tener el fenómeno que nos interesa, para ponerlas a prueba por medio de experimentos; si los resultados concuerdan con los datos experimentales se dice que el modelo es apropiado.

Después se citan a modelos de la antigüedad sobre la materia, desde las ideas de Empédocles, pasando por las ideas de la cultura hindú hasta llegar a las ideas de Démocrito sobre los átomos; aunque nunca se especifica si se pueden considerar científicos o no.

Como ejemplo de modelos científicos se citan el modelo de Galileo para la caída libre, el modelo mecánico de Newton y los modelos de la materia.

Para continuar con el desarrollo del capítulo 3, se sigue usando el concepto de modelo y se reafirma su uso como herramienta para explicar.

4.20. Materia. Física (SM de Ediciones)

De acuerdo al libro Materia. Física [26] se hace uso de un modelo cuando en lugar de un objeto real usamos una representación para poder referirnos a ese objeto. Luego, aunque empieza con las ideas cotidianas del concepto modelo para terminar con la definición de modelo científico:

Un modelo científico representa a la teoría, muestra las condiciones ideales en las que ocurre un determinado fenómeno al cumplirse una ley o teoría, y constituye una muestra específica de la explicación general que ésta proporciona.

De acuerdo a lo discutido en el capítulo 1 un modelo puede representar aspectos de una teoría pero no necesariamente siempre es así. Un modelo puede abarcar aspectos los cuales esta no cubre. Un ejemplo es cuando se descubrió la materia oscura, esta se puede modelar como partículas con masa que no producen ni reflejan ningún tipo de radiación y, sin embargo, aun se sigue trabajando en una estructura teórica que nos pueda decir que son y de donde provienen.

Luego el libro propone una clasificación de los modelos:

Formal Representación de una teoría que se supone semejante a la de un sistema o fenómeno real.

Nos muestra más claramente la realidad, permite construirla, pero de forma simplificada; además, ayuda a realizar experimentos controlados. Ejemplo: una ecuación de la segunda ley de Newton.

Material Representación de una teoría pero de un modo más limitado. Se construye a partir de la reproducción de propiedades semejantes a las que se desean estudiar en el sistema o fenómeno real. Ejemplo: un carrito atado a una pesa que se mueve de acuerdo a la segunda ley de Newton.

Otros ejemplos dados son los modelos de Ptolomeo, Copérnico y Kepler sobre el movimiento de los planetas, así como el uso de animales en la ciencia médica.

Por último se hace notar que un modelo permite la predicción y se encuentra en constante prueba, los modelos persiguen la comprobación de las teorías, y con ello, la obtención de nuevo conocimiento.

En el siguiente tema se utiliza de nuevo el concepto de modelo para empezar a discutir los diferentes modelos sobre la materia.

Capítulo 5

Resultados

Para presentar los resultados, con la información recopilada en el capítulo 4 se determinó cuántos libros citaban cada una de las características que se les atribuyen a los modelos científicos. Aunque las definiciones de modelo científico son diferentes de un libro a otro, nos fijamos si estas mencionaban alguna de las siguientes características:

Explicativo Se menciona como propiedad de los modelos su capacidad de explicar.

Predictivo Se menciona que los modelos son capaces de predecir fenómenos, nuevos y/o esperados.

Arbitrario Se define a los modelos como representaciones arbitrarias.

Simplificación Se cita como rasgo de los modelos su capacidad de simplificar.

Teoría Se confunde el concepto de modelo con el de teoría.

Descriptivo Si se dice que los modelos describen un objeto o fenómeno.

Cada una de estas características se les asignó una palabra como referencia, que son las palabras en negrita. Estas no son mutuamente excluyentes, ya que varios libros mencionan varias de éstas al definir a los modelos como se puede ver en la tabla 5.1.

Libros de texto	Explicativo	Predictivo	Arbitrario	Simplificación	Teoría	Descriptivo
Ciencia y movimiento 2 (Fernández Editores)		•		•	•	•
CIENCIAS 02. FÍSICA (Ríos de Tinta)	•				•	
CIENCIAS 2. Física (Trillas)		•	•			
Ciencias 2 (Fernández Editores)	•	•	•	•	•	•
Ciencias 2. Física (Ed. Larousse)	•	•		•		•
Ciencias 2. Física (Macmillan de México)	•		•	•		•
Ciencias 2. Física (Oxford University Press)		•	•	•		•
CIENCIAS 2. Física (Ed. Patria)	•	•	•	•		•
Ciencias 2 con énfasis en física (Ed. Patria)	•	•		•		•
ENERGÍA. Física (SM de Ediciones)	•	•		•		
Física. Serie Comunidad (SM de Ediciones)	•		•	•		
Ciencias 2. Física (Ed. Castillo)	•	•	•	•		
CIENCIAS 2. Serie diálogos (Macmillan)	•		•	•		•
La magia de la ciencia (McGraw-Hill)	•			•		
Ciencias 2. Física (Esfinje)	•	•		•		
Ciencias 2. Física (Santillana)	•	•	•	•		
Ciencias dos. Conexiones (Nuevo México)	•	•	•	•		
Competencias Científicas 2 (Ed. Norma)	•					•
Ciencias 2. Física (Ed. Castillo) - p. 34	•	•		•		•
Materia. Física (SM de Ediciones)	•	•		•		•

Tabla 5.1: Características de los modelos mencionadas por libro de texto

En la gráfica 5.1 podemos ver en cuántos libros de texto se hace referencia a cada una de estas características.

Los autores de los libros de texto utilizan una gran variedad de ejemplos para intentar ayudar al alumno con su proceso de aprendizaje sobre los modelos. Estos van desde las réplicas a escala

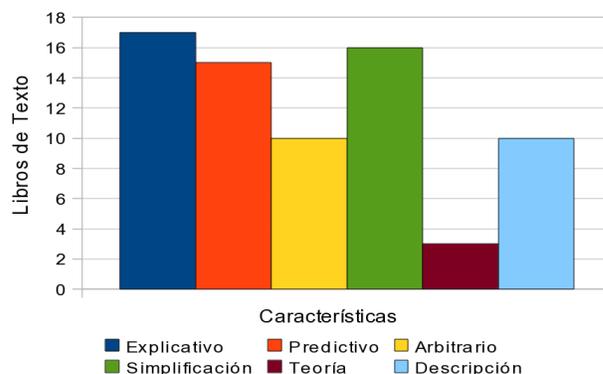


Figura 5.1: Número de libros de texto que mencionan las características de los modelos

hasta modelos de amplia utilización habitualmente en física. Al respecto, nos fijamos si los autores los utilizaban de forma contextualizada o no. Para eso empleamos las siguientes etiquetas:

Contextualizado Cuando se explica qué es lo que intenta representar y se da el marco histórico en el cual apareció y las razones para su posterior modificación.

Descontextualizado El modelo se muestra sin ningún tipo de discusión sobre lo que representa.

Profesor El trabajo de contextualizar los ejemplos se deja explícitamente en manos del profesor.

Estas etiquetas no son mutuamente excluyentes ya que en un mismo libro pueden aparecer ejemplos de cada una de estas tres categorías como se puede constatar en la tabla 5.2.

Libros de texto	Contextualizado	Descontextualizado	Profesor
Ciencia y movimiento 2 (Fernández Editores)		•	•
CIENCIAS 02. FÍSICA (Ríos de Tinta)	•		
CIENCIAS 2. Física (Trillas)	•		
Ciencias 2 (Fernández Editores)		•	•
Ciencias 2. Física (Ed. Larousse)	•	•	•
Ciencias 2. Física (Macmillan de México)	•	•	•
Ciencias 2. Física (Oxford University Press)	•		
CIENCIAS 2. Física (Ed. Patria)	•		•
Ciencias 2 con énfasis en física (Ed. Patria)		•	•
ENERGÍA. Física (SM de Ediciones)	•		•
Física. Serie Comunidad (SM de Ediciones)		•	•
Ciencias 2. Física (Ed. Castillo)	•	•	•
CIENCIAS 2. Serie diálogos (Macmillan)	•		•
La magia de la ciencia (McGraw-Hill)		•	•
Ciencias 2. Física (Esfinje)		•	•
Ciencias 2. Física (Santillana)		•	
Ciencias dos. Conexiones (Nuevo México)	•		•
Competencias Científicas 2 (Ed. Norma)	•	•	•
Ciencias 2. Física (Ed. Castillo) - p. 34	•		•
Materia. Física (SM de Ediciones)	•		•

Tabla 5.2: Tipos de ejemplos de modelos usados por cada libro de texto

La cantidad de libros en los que aparece algún ejemplo de cada categoría está en la gráfica 5.2.

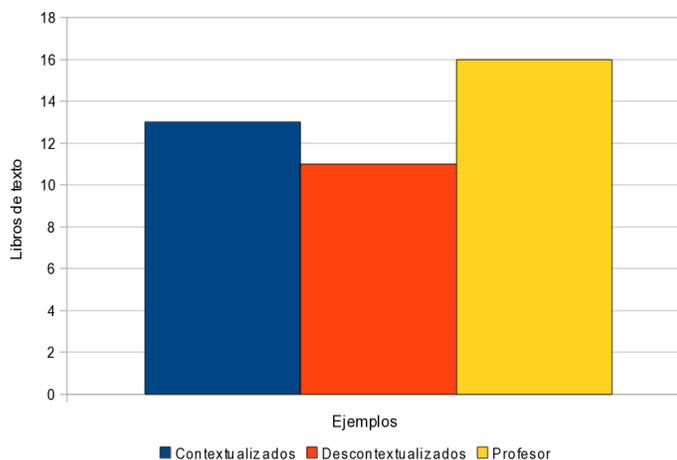


Figura 5.2: Número de libros de texto que usan cada tipo de ejemplos de modelos

Para ayudar al alumno a que comprenda el concepto de modelo científico la mayoría de los autores recurren a una gran variedad de ejemplos. Los ejemplos más utilizados en los libros de texto son los modelos para el movimiento planetario (modelo geocéntrico, modelo heliocéntrico) ya que el estudiante ya está familiarizado con ellos desde el bloque 1, de acuerdo al plan de estudios. Sin embargo, en algunos libros se dan como ejemplos de modelos científicos barcos o automóviles a escala, los cuales no necesariamente lo son. En otros libros se confunden los modelos con las teorías, por lo que los autores dan la teoría electromagnética o la teoría cinética de los gases como ejemplos de modelos científicos. Lo anterior solo confunde al estudiante y propicia una concepción errónea de lo que es un modelo científico.

Por último, nos fijamos si los libros de texto citaban algunas características de los modelos científicos que son relevantes durante la práctica científica. Las propiedades de los modelos que buscamos reportadas en los libros de texto fueron:

Modificación Son proclives a ser modificados a través del tiempo, principalmente por nueva información proporcionada por experimentos.

Comunidad Son el fruto de una comunidad de científicos que los ponen a prueba en todo momento.

Múltiple Es posible que existan y se utilicen varios modelos científicos que representan un mismo fenómeno.

De nuevo, como aparece en la tabla 5.3, encontramos que los libros de texto pueden mencionar no solo una de estas características; incluso hay libros que no mencionan ninguna de las tres.

La cantidad de libros que mencionan cada una de las categorías anteriores lo podemos encontrar en la gráfica 5.3.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

Libros de texto	Modificación	Comunidad	Múltiple
Ciencia y movimiento 2 (Fernández Editores)	•		
CIENCIAS 02. FÍSICA (Ríos de Tinta)	•		
CIENCIAS 2. Física (Trillas)	•		
Ciencias 2 (Fernández Editores)	•		
Ciencias 2. Física (Ed. Larousse)			
Ciencias 2. Física (Macmillan de México)	•		
Ciencias 2. Física (Oxford University Press)			
CIENCIAS 2. Física (Ed. Patria)	•	•	
Ciencias 2 con énfasis en física (Ed. Patria)	•	•	•
ENERGÍA. Física (SM de Ediciones)	•		•
Física. Serie Comunidad (SM de Ediciones)			
Ciencias 2. Física (Ed. Castillo)	•		
CIENCIAS 2. Serie diálogos (Macmillan)			
La magia de la ciencia (McGraw-Hill)	•		
Ciencias 2. Física (Esfinge)	•	•	
Ciencias 2. Física (Santillana)	•		
Ciencias dos. Conexiones (Nuevo México)	•		
Competencias Científicas 2 (Ed. Norma)	•		
Ciencias 2. Física (Ed. Castillo) - p. 34	•	•	
Materia. Física (SM de Ediciones)	•		

Tabla 5.3: Características de la práctica científica mencionados por cada libro de texto

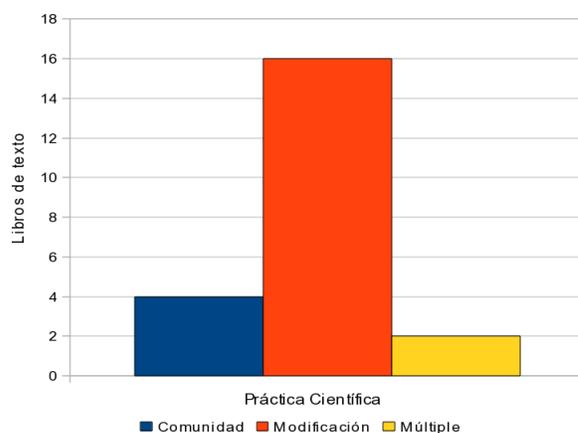


Figura 5.3: Número de libros de texto que mencionan características de la práctica científica

Capítulo 6

Conclusiones

A partir del programa de estudios 2006, la SEP ha optado por una enseñanza explícita de los modelos científicos. Un problema detectado en éste es la definición de que los modelos científicos son arbitrarios, sin profundizar sobre qué se intenta decir con esa palabra. Algo es arbitrario cuando se comporta según su voluntad o capricho, y después de todo lo expuesto en este trabajo podemos decir que para nada un modelo científico es arbitrario. La consecuencia es que esta definición aparece reproducida en la mitad de los libros de texto aprobados por la SEP, aunque es de interés remarcar que en algunos de estos libros al principio se habla de que los modelos son convencionales, para luego desecharlo y cambiarlo por arbitrario. Esta contradicción entre “no-arbitrario” y “arbitrario” en los libros de texto probablemente se debe al hecho de que algunos autores temen que su libro será rechazado en el proceso de autorización que realiza la SEP si no mencionan lo que dice el programa.

Otro problema encontrado es que en la mayoría de los libros es muy ambigua la distinción entre la definición común de modelo con la que se tiene en la comunidad científica, lo cual lleva a muchos autores a enfatizar el concepto de escala al hablar de modelos. Consideramos que esto, en parte, es consecuencia de que la secuencia didáctica de la SEP haga la recomendación de partir de este concepto para empezar a abordar el tema.

Todos los libros están de acuerdo en que los modelos son representaciones de *algo* que es de interés para quien lo estudia. Pero, en su mayoría, se refieren a estos *algo* como objetos físicos; aunque algunos si mencionan explícitamente que el objeto de estudio puede ser abstracto o desconocido.

Mientras todos concuerdan en que los modelos son representaciones de la realidad que permiten comprenderla, la gran mayoría de los ejemplos utilizados se dan sin ninguna clase de contexto y se fomenta la idea de que su desarrollo es un proceso lineal y racional. Y en, la mayoría de los libros, se da a entender que los modelos en ciencia se descartan automáticamente cuando aparece otro.

Se encontró que algunos libros confunden el concepto de teoría con el de modelo. Lo cual puede convertirse en un grave problema epistemológico muy difícil de superar a futuro para el estudiante.

En conjunto estos problemas hacen más difícil el trabajo de los profesores en el aula, ya que si estos no están debidamente capacitados, difícilmente serán capaces de percatarse de qué está mal en los libros de texto, les costaría contextualizar los ejemplos dados y simplemente reproducirían los modelos curriculares sin hacer una transposición didáctica adecuada.

Apéndice A

Conocimientos que el profesor necesita para la enseñanza de modelos en el aula

Los aspectos particulares a tomar en cuenta del saber de los maestros sobre modelos y construcción de modelos son su conocimiento del tema, del plan de estudios y del aspecto pedagógico de los modelos [21].

El conocimiento de los contenidos por parte de los profesores incluye un entendimiento comprensivo tanto de los modelos científicos a enseñar y de los modelos y su construcción en general. Por tanto, además del conocimiento de cada modelo científico, el profesor debe tener conocimiento sobre:

- modelos: su significado, su utilidad, sus características.
- el proceso de modelación: pasos a seguir en el proceso de modelación y factores sobre las cuales depende la modelación.

El conocimiento de los profesores del plan de estudios incluye cuándo, cómo y por qué la idea general de los modelos y de modelos científicos e históricos específicos deben ser introducidos en sus clases. En otras palabras, esto significa que el profesor debe tener la habilidad de desarrollar y/o cambiar los modelos propuestos en el plan de estudios relacionados con los temas que deben ser enseñados en clase. Entonces, su conocimiento sobre el plan de estudios debe incluir conocimiento sobre:

- los modelos curriculares: la necesidad de introducirlos en la enseñanza de la ciencia y su naturaleza como simplificaciones de modelos científicos.
- la introducción de actividades sobre construcción de modelos en la enseñanza de ciencia.

El conocimiento pedagógico del tema de los modelos ha sido definido como el conocimiento que el profesor usa para permitir situaciones de aprendizaje que ayuden al estudiante a darle sentido al contenido particular. Él, dentro de este rubro, necesita las siguientes habilidades:

- Propósitos del uso de modelos didácticos.
- Producción de modelos didácticos: la naturaleza de los modelos empleados en su producción y puntos que el profesor debe tomar en cuenta en la producción de diferentes tipos de modelos didácticos

APÉNDICE A. CONOCIMIENTOS QUE EL PROFESOR NECESITA PARA LA ENSEÑANZA DE MODELOS EN EL AULA

- Uso de los modelos didácticos en la enseñanza de ciencias.
- La realización de actividades de modelación en la enseñanza de ciencias: el rol del profesor, características de la discusión de los modelos de los alumnos y experiencia previa de éste.
- Conocimiento de las ideas previas de los alumnos sobre modelos y modelación: Situación de este conocimiento del profesor.

De lo anterior podemos concluir que en el aula todos los modelos mentales deben ser respetados inicialmente en pie de igualdad, y que, si se elige uno es por consenso y en base a su utilidad teórica a la hora de explicar, nunca por imposición [14].

Bibliografía

- [1] ¿ para qué sirven los modelos? Internet. Una de las secuencias didácticas que pone a disposición la SEP en la página http://basica.sep.gob.mx/reformasecundaria/ciencia_tecnologia/ciencias2/secuencias.html.
- [2] Rosalía Angélica Allier Cruz and Sandra Rosalía Castillo allier. *La magia de la ciencia*. McGraw-Hill/Interamericana, México, 2008.
- [3] Daniel Álvarez Arellano, José Manuel Posada de la Concha, José Mario Mendoza Toraya, Luz Lazos Ramírez, Mónica María Lozano Hincapié, and Ramón Álvarez Arellano. *Competencias Científicas 2*. Grupo Editorial Norma, México, segunda edition, 2008.
- [4] Eliezer Braun and Irma Gallardo. *CIENCIAS 2 - Física*. Editorial Trillas, México, 2007.
- [5] Estrella Burgos Ruiz, Rosa María Catalá Rodes, Héctor Domínguez Álvarez, Oliverio Jitrick Mercado, and Juan Tonda Mazón. *Ciencias dos*. Nuevo México, México, segunda edition, junio 2007.
- [6] José Antonio Chamizo. *Ciencias 2: física*. Esfinge, México, 2007.
- [7] José Antonio Chamizo Guerrero. *Los modelos en la enseñanza de las ciencias*, chapter 1, pages 13–18. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2010.
- [8] Alejandro Cortés Juárez and Yoshino Kamichika. *Ciencia y movimiento 2*. Fernández editores, 2007.
- [9] Héctor Covarrubias. *Energía. Física*. Caleidoscopio. Ediciones sm, México, 2007.
- [10] Alfonso Cuervo Cantón. *Ciencias 2. Física*. Oxford University Press, México, 2008.
- [11] José Luis Díaz. *Modelo Científico: Conceptos y usos*, chapter 1, pages 11–28. Cuadernos del seminario de problemas científicos y filosóficos de la UNAM. Siglo XXI editores, 2005.
- [12] Eugenia Etkina, Aaron Warren, and Michael Gentile. The role of models in physics instruction. *THE PHYSICS TEACHER*, 44(1):34–39, enero 2006.
- [13] Roman Frigg and Stephan Hartmann. Models in science. In Edward N. Zalta, editor, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. 2012.
- [14] Lydia Galagovsky and Agustín Adúriz-Bravo. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. el concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las ciencias*, 19(2):231–242, 2001.
- [15] Adriana Patricia Gallego Torres, Rómulo Gallego Badillo, and Royman Pérez Miranda. ¿qué versión de ciencia se enseña en el aula? sobre los modelos científicos y la didáctica de la modelación. *Educación y Educadores*, 9(1):105–116, 2006.

- [16] Carlos García Torres and Iván Garduño Vértiz. *Física*. Comunidad. Ediciones sm, México, Febrero 2009.
- [17] Israel Gutiérrez, Gabriela Pérez, Guadalupe Osorio, Eva Piñón, and Isaías Herrera. *Ciencias 2. Física*. Ediciones Castillo, México, 2008.
- [18] Carlos Gutiérrez Aranzeta and Alicia Zarzosa Pérez. *Ciencias 2. Física*. Ediciones Larousse, segunda edición, 2008.
- [19] Serap Çaliskan Hilal Aktamis. The views of high school students' on the scientific modeling. *Latin America Journal Physics Education*, 2011.
- [20] Rosária Justi. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(2):173–184, 2006.
- [21] Rosária Justi and Jan H. van Driel. *Developing Science Teachers' Knowledge on Models and Modelling*, chapter 9, pages 165–180. Springer, Países Bajos, 2005.
- [22] Richard K. Coll and Denis Lajium. *Modeling and the Future of Science Learning*, chapter 1, pages 3–21. Springer Science+Business Media, 2011.
- [23] Ian Lizárraga. *Ciencias 2*. Fernández Editores, México, Agosto 2008.
- [24] Natasha Lozano de Swan. *Ciencias 2 Física*. Santillana, México, 2008.
- [25] Sulaiman M. Al-Balushi. Students' evaluation of the credibility of scientific models that represent natural entities and phenomena. *International Journal of Science and Mathematics Education*, (9):571–601, 2011.
- [26] Javier Malpica Maury. *Materia. Física*. Construir. Ediciones SM, México, 2007.
- [27] Esteban Manteca Aguirre, editor. *Educación Básica. Secundaria. Ciencias. Programas de estudio 2006*. Secretaría de Educación Pública, México, 2006.
- [28] Stella Maris Islas and Marta A. Pesa. Estudio comparativo sobre concepciones de modelo científico detectadas en física. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, XV(29):117–144, noviembre 2004.
- [29] Ana Martínez Vázquez and Constantino Macías García. *Ciencias 2. Física*. Macmillan de México, México, segunda edición, Septiembre 2007.
- [30] M. Nuñez Oviedo and C. Barría Cisterna. Formación inicial de profesores de educación media de ciencia mediante la teoría de enseñanza y aprendizaje basada en modelos mentales. In *VIII Congreso Internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias*, number extra, pages 2476–2480. Enseñanza de las Ciencias, 2009.
- [31] Héctor Pérez Montiel. *Ciencias 2. Física*. Grupo Editorial Patria, 2008.
- [32] Juan Manuel Ramírez de Arellano and María Eugenia Niño Rincón. *Ciencias 2. diálogos*. Macmillan de México, México, Septiembre 2008.
- [33] Alejandro Ramos Amézquita, Pablo Pandilla Longoria, José Leonel Torres Hernández, and Pedro Contró Prado. *CIENCIAS 02 - FÍSICA Secundaria*. Rios de Tinta, México, 2009.
- [34] Andrés Raviolo, Paula Ramírez, and Eduardo A. López. Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3):581–612, septiembre 2010.

- [35] Renee' S. Schwartz and Norman G. Lederman. What scientists say: Scientists' views of models. In *Learning about models and modeling in science: International views of resaerch issues*, 2005.
- [36] Diana Tzilvia Segura Zamorano, David Rivero Rosas, Evelina Chiu Ley, and Antonio Ibá nez. *Ciencias 2 con énfasis en Física*. Grupo Editorial Patria, México, segunda edition, 2008.
- [37] Keith S. Taber. Towards a curricular model of the nature of science. *Sciencie & Education*, 17:179–218, Febrero 2008.
- [38] María Trigueros and Jaime Pimentel. *Ciencias 2 (Física)*. Ediciones Castillo, 2008.
- [39] Ángel Vázquez, José Antonio Acevedo, María Antonia Manassero, and Pilar Acevedo. Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, (4):153–176, 2001.
- [40] Molly Weinburgh and Cecilia Silva. Math, science and models. *Science and Children*, 49(1):58–62, Septiembre 2011.