



Universitat Autònoma de Barcelona

**Facultat de Ciències de la Educació Departament de Didàctica de la Matemàtica i de
les Ciències Experimentals**

Identificación de los indicios de calidad en la
transición de los libros de texto de papel hacia los
libros digitales:

El Caso de las Ondas

Tesis Doctoral

Autora

Carla Hernández Silva

Directora

Mercè Izquierdo Aymerich

Bellaterra, 2010 – 11

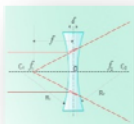
A Luciano por su paciencia y compañía en este proceso,
y sobre todo por ser un gran compañero de aventuras.

Te quiero hijo.

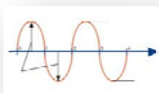
A la memoria de Mauro Silva Sanhueza

Q.E.P.D.

Referencias de las imágenes utilizadas para la portada



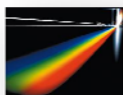
Digital-Text, 4º E.S.O.
Editorial Digita-Text



Teide Digital, 2º E.S.O.
Editorial Teide



Ciències de la naturalesa, 4º E.S.O.
Editorial Baula



Teide Digital, 2º E.S.O.
Editorial Teide

AGRADECIMIENTOS

Entre teorías, datos y análisis, quiero dedicar unas líneas para expresar también mi agradecimiento a todos quienes de una forma u otra me han acompañado en este camino y sin los cuales el desenlace de esta historia no hubiese sido igual.

En primer lugar agradezco a mis padres por la educación recibida, por inculcarme desde siempre el valor de la superación, por darme las herramientas necesarias para construir mi camino y apoyarme en mi afán por perseguir un sueño. A mis hermanas por su constante preocupación durante mi tiempo de ausencia. A mi abuela, por su incondicional cariño que he podido sentir a pesar de la distancia y especialmente agradeceré siempre a mi abuelo, que aunque ya no esté entre nosotros, ha sido una piedra fundamental para comenzar mi camino. Sé que donde estés estarás orgulloso de esto así que va por ti.

Del mismo modo agradezco a mi hijo, Luciano, a quien también dedico esta tesis, por ser la luz que me ha guiado en ese camino y por haberme ayudado a mantener los pies en el suelo. Me has dado las fuerzas necesarias para no rendirme cuando lo he necesitado y sobre todo gracias por llenar mi corazón de alegría cada día.

Agradezco a los buenos amigos que he tenido el placer de conocer en estos años y que de alguna forma pasaron a ser mi familia viviendo lejos de los míos. A Carlos por su sabiduría, paciencia y compañía. A Marta, por su apoyo y acogida, y a Natasha por su calidez y preocupación. En general, gracias por vuestra amistad.

También he tenido la suerte de conocer personas como Caroline, Patricia, José Omar, Miguel, Bibiana, Norberto, Alexandre, Ainoa, Horacio, Felipe, Angela, Marisa, Marco, Carolina y Víctor, a quienes agradezco los buenos momentos compartidos así como los consejos, ayuda y/u orientación recibida en instantes claves.

Sin duda esta experiencia no hubiese sido igual sin la compañía de Mercè Izquierdo, quien ha sido un pilar fundamental en momentos de duda y a quien no solo agradezco el compartir su sabiduría conmigo, sino también, y aún más importante, agradezco la

confianza depositada en mí sobre todo en los últimos momentos de esta investigación. Sin su apoyo no lo hubiese conseguido.

Me alegra el haber contado también con la orientación de personas como Conxita Márquez, Mariona Espinet, Digna Couso y Agustín Adúriz-Bravo a quienes agradezco sus palabras y asertivos consejos.

Al final de esta etapa ha sido muy importante contar con una persona especial en quien encontré un gran apoyo. Gracias Daniel por estar a mi lado en estos momentos.

Finalmente, agradezco al Gobierno de Chile, a través de su programa de becas para estudios de doctorado en el extranjero, actualmente gestionado por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), por la oportunidad que me han dado de perfeccionarme profesionalmente y conocer realidades diferentes mas allá de la frontera.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| Capítulo 1 ANTECEDENTES | 13 |
| 1.1 Contexto | 13 |
| 1.2 Planteamiento del problema | 15 |
| 1.3 Justificación | 16 |
| 1.4 Preguntas de investigación y Objetivos | 17 |
| 1.5 Organización general de la Tesis | 21 |
| Capítulo 2 MARCO TEÓRICO | 23 |
| 2.1 Actividad Científica Escolar | 23 |
| 2.2 La Actividad Científica y los modelos de ciencia de los alumnos..... | 25 |
| 2.3 Lenguaje y Enseñanza de las Ciencias | 29 |
| 2.3.1 Lenguaje y semiótica social | 30 |
| 2.3.2 Lenguaje científico, cotidiano y científico escolar (L.C.E.) | 31 |
| 2.4 Enseñanza de la Física en secundaria..... | 34 |
| 2.4.1 La ciencia en el currículo de la ESO | 36 |
| 2.5 Modelos Científicos | 40 |
| 2.5.1 Las ondas como un modelo científico explicativo | 42 |
| 2.6 Libros de texto..... | 46 |
| 2.6.1 Estructuras retóricas de los textos..... | 46 |
| 2.6.2 Dimensión semiótica de los libros | 47 |
| 2.6.3 Las ondas, como contenido, en los libros de física de secundaria | 49 |
| 2.6.4 Del Libro tradicional al digital | 51 |
| Capítulo 3 METODOLOGÍA..... | 57 |
| 3.1 Ideas sobre la investigación Cualitativa como base..... | 57 |
| 3.1.1 Posicionamiento..... | 58 |
| 3.2 Marco que justifica la elección de los datos | 58 |
| 3.2.1 Las ondas, como contenido científico en el currículo oficial de ciencias y en los libros de texto..... | 59 |
| 3.2.2 Elementos Retóricos (narrativa global)..... | 67 |
| 3.2.3 Elementos semióticos | 68 |
| 3.2.3.1 Texto escrito | 68 |

| | |
|---|-----|
| 3.2.3.2 Imágenes y/o animaciones | 68 |
| 3.2.3.3 Preguntas | 71 |
| 3.2.3.4 Actividades Prácticas | 72 |
| 3.3 Proceso de elección de la muestra de libros..... | 73 |
| 3.3.1 La muestra..... | 74 |
| 3.4 Diseño del proceso metodológico..... | 75 |
| 3.5 Instrumentos de recogida y análisis de datos: Justificación y Elaboración | 80 |
| 3.5.1 Redes sistémicas como instrumento para elementos retóricos y semióticos.. | 80 |
| 3.5.1.1 Categorías retóricas y semióticas, organizadas en redes sistémicas..... | 81 |
| 3.5.1.2 Planilla de recogida de datos como instrumento para los elementos retóricos y semióticos | 92 |
| 3.5.2 Mapas de Thagard como instrumento de análisis del contenido..... | 96 |
| 3.6 Triangulación Metodológica..... | 97 |
| 3.6.1 Validez y Fiabilidad..... | 98 |
| Capítulo 4 DATOS Y CORRELACIÓN..... | 99 |
| 4.1 Datos por libro..... | 99 |
| 4.1.1 Libros Tradicionales..... | 100 |
| 4.1.1.1 Libro Tradicional 1 | 100 |
| 4.1.1.2 Libro tradicional 2 | 106 |
| 4.1.2 Libros Digitales | 113 |
| 4.1.2.1 Libro Digital 1 | 113 |
| 4.1.2.2 Libro Digital 2 | 120 |
| 4.1.2.3 Libro digital 3 | 127 |
| 4.2 Correlación de los datos..... | 133 |
| 4.2.1.1 Unidad Conceptual: Ondas | 137 |
| 4.2.1.2 Unidad Conceptual: Sonido | 143 |
| 4.2.1.3 Unidad Conceptual: La luz | 148 |
| 4.2.1.4 Unidad conceptual: Energía..... | 152 |
| 4.2.1.5 Unidad conceptual: Reflexión..... | 155 |
| 4.2.1.6 Unidad conceptual: Refracción..... | 158 |
| 4.2.1.7 Unidad conceptual: Ondas Electromagnéticas | 161 |
| 4.2.2 Resumen sobre Unidades Conceptuales..... | 165 |
| 4.2.3 Relación teórico-factual | 166 |

| | |
|--|-----|
| 4.2.3.1 Redes teórico-factuales | 167 |
| 4.2.3.2 Resumen de ideas en torno a las Redes teórico-factuales | 206 |
| Capítulo 5 INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS Y RESULTADOS | 211 |
| 5.1 Modelos Interpretativos de la realidad..... | 211 |
| 5.2 Análisis por libro | 216 |
| 5.2.1 Libro Tradicional 1 | 218 |
| 5.2.2 Libro Tradicional 2 | 234 |
| 5.2.3 Libro Digital 1 | 250 |
| 5.2.4 Libro Digital 2 | 272 |
| 5.2.5 Libro Digital 3 | 294 |
| 5.3 Resultados y comparativas..... | 302 |
| 5.3.1 Sobre los aspectos retóricos del texto | 303 |
| 5.3.2 Sobre los aspectos semióticos del texto | 306 |
| 5.3.3 Sobre las relaciones conceptuales | 309 |
| 5.3.4 Sobre las relaciones teórico-factuales | 311 |
| 5.3.5 Sobre los Modelos Interpretativos de la Realidad | 312 |
| Capítulo 6 CONCLUSIONES | 315 |
| 6.1 Sobre las formas que el libro utiliza para hablarnos de las ondas y lo que nos dice de ellas | 315 |
| 6.1.1 Respecto a las ondas en el currículo | 317 |
| 6.2 Sobre el paso a los libros de texto digitales y la construcción de significados | 318 |
| 6.3 Sobre las ventajas y/o desventajas en el uso de libros de uno u otro formato para enseñar ondas | 321 |
| 6.4 Sobre si existe relación entre los elementos retóricos, semióticos y teóricos observables en los libros de texto | 322 |
| 6.4.1 Sobre las tres dimensiones de análisis..... | 323 |
| 6.4.2 Las formaciones semióticas y los MIR como resultados claves | 325 |
| 6.4.3 Importancia de las imágenes en la identificación de las relaciones teórico - factuales..... | 326 |
| 6.5 Indicios de calidad de los libros de texto y consideraciones generales..... | 328 |
| 6.6 Algunas consideraciones finales | 331 |
| Capítulo 7 REFERENCIAS | 333 |

| | |
|------------------------------|-----|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | 341 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 342 |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | 343 |

La reproducción de las imágenes y otros elementos extraídos de los libros de texto analizados y presentados en este informe, han sido utilizados sólo con fines educativos para esta investigación, considerando que los libros son objetos culturales de uso público y dado que en ningún momento se pasan a llevar los derechos de autoría. Las fuentes de extracción son transparentes y explícitas.

Capítulo 1

ANTECEDENTES

En este capítulo se presentan las ideas, preguntas y objetivos sobre las cuales se ha desarrollado la investigación, incluyendo el contexto y la justificación para la elección del tema en cuestión.

1.1 Contexto

Si debemos escoger algún recurso para estudiar, investigar o preparar una clase, ya sea como alumno o profesor, sin duda la primera idea sería recurrir a libros de texto. Esta idea proviene de ya la arraigada tradición de los libros de texto como un objeto educativo donde se reúne y se construye lo que se ha de aprender. En el caso de los libros de ciencia se puede decir que el texto substituye a la naturaleza. Es por esto que su relevancia como apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje es indiscutible y resulta interesante lo que ellos nos puedan “decir” del mundo que nos rodea y de los modelos teóricos que nos ayudan a interpretarlo.

El vivir en un mundo dinámico nos obliga a considerar que la concepción sobre la ciencia, el aprendizaje y los destinatarios de la ciencia escolar han ido cambiando. En este proceso de cambio, aparecen las competencias como un modo de orientar la educación actual. Ideas sobre esto encontramos, por ejemplo, en Zabala y Arnau (2007) quienes plantean que *“En una escuela que pretende formar para la vida, la competencia ha de identificar aquello que necesita cualquier persona para dar respuesta a los problemas con los que se enfrentará a lo largo de su vida. Por tanto, competencia consistirá en la intervención eficaz en los diferentes ámbitos de la vida mediante acciones en las que se movilizan, al mismo tiempo y de manera interrelacionada, componentes actitudinales, procedimentales y conceptuales”*. De un modo mas general Posada (2004) nos dice que el concepto de competencia se refiere

al "saber hacer en un contexto", el cual desde nuestro punto de vista abarca la ciencia escolar y el mundo real fuera de la escuela.

Por otra parte, los recursos didácticos también han tenido que cambiar y adecuarse a las necesidades de la actual sociedad. Es así como los libros de texto han tenido que 'evolucionar' cambiando su formato del soporte papel al soporte digital haciendo uso de las nuevas tecnologías (TIC).

El curso escolar 2009-2010 comenzó con una innovación al respecto: la incorporación al aula de libros de texto digitales en 100 escuelas públicas y concertadas de Catalunya como parte de un programa piloto impulsado por el Departament d'Educació dentro del proyecto Escuela 2.0. El objetivo principal del proyecto ha sido aprovechar los recursos que ofrecen las nuevas tecnologías para mejorar la calidad pedagógica y renovar la manera de enseñar. Sin embargo llevar a cabo un proyecto como éste involucra cambios para muchos agentes y factores que guardan estrecha relación con él y que de alguna manera intervienen en el éxito que el proyecto tenga finalmente, y son los que se muestran a continuación en el diagrama:



Ilustración 1: Diversos agentes involucrados en la implementación del proyecto

Sobre el contexto de Escuela 2.0, es necesario especificar que la aparición de libros digitales es sólo una herramienta más dentro del amplio espectro de posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías en el marco de la educación. Algunos ejemplos de esto lo encontramos en Argote y Palomo (2007) quienes consideran que en este contexto internet a dejado de ser solo un banco de recursos pasando a ser ahora una plataforma de trabajo con dichos recursos. En el mismo trabajo mencionan como ejemplos de estos recursos; los blogs, los wikis, los marcadores sociales y los editores de texto y hojas de cálculo online. Coincidimos con los autores en que *“el panorama actual ofrece tal cantidad de herramientas y posibilidades, que se hace necesaria una adecuada selección de las mismas, en función de la actividad que se quiera llevar a cabo”*.

Esta realidad da para amplias y extensas investigaciones, pero la nuestra se centra en el material didáctico como objeto de estudio y su relación con el currículo oficial desde donde se establecen cuáles son los conocimientos científicos que el profesor debe desarrollar en la escuela para que el alumno lo aprenda.

1.2 Planteamiento del problema

Entre los didactas suele haber consenso sobre la idea de que el libro de texto es la vía de transmisión de conocimientos científicos más utilizado en nuestras aulas (Márquez, 2002; Perales y Jiménez, 2002; Campanario, 2003; entre otros) y que además muchas veces se convierte en el eje central de las clases de ciencia. Esta realidad no entiende de formatos ni tecnologías, por lo que la situación no cambia en un contexto de Escuela 2.0 pero plantea la necesidad de conocer las características de los libros digitales que, en el futuro toda persona que entre en un aula (ya sea como profesor o alumno) se va a encontrar. Un libro digital es un conjunto de contenidos en formato multimedia que hacen uso de los medios digitales para incorporar animaciones, simulaciones, videos, etc.. Si su finalidad es didáctica, su objetivo es no sólo transmitir información sino también desarrollar habilidades y potenciar actitudes. Por lo tanto, no deberían ser sólo una transcripción estática de un libro de texto en papel a formato multimedia. La variedad de herramientas informáticas que se pueden

incorporar en un libro de texto digital (LD) hace suponer que el contenido incorporado será enriquecido respecto a su predecesor de papel, permitiendo una manera de interacción más dinámica con la información, y donde el lenguaje escrito y visual se ven entrelazados quedando a un mismo nivel de importancia.

Sin embargo, el contenido que todo libro incluye entre sus páginas debe ir acorde a los requerimientos que el sistema educativo impone, siendo consecuente con lo que a cada nivel se debe aprender sobre la ciencia. Es importante entonces determinar el grado de “complicidad” existente entre los libros de texto y lo que el currículo oficial propone como contenidos mínimos a enseñar. Por supuesto que analizar todo el currículo, todos los libros existentes y para todos los niveles es una tarea interesante pero esta investigación se ha centrado en un contenido específico: las ondas en los libros de ciencias de ESO. Los motivos serán detallados en el apartado siguiente.

1.3 Justificación

El trabajo se enmarca en el paradigma de Actividad Científica Escolar, precisando que en la escuela el alumno no “hace de científico” sino que hace de “científico escolar”, siendo estos dos conceptos suficientemente diferentes (Izquierdo, M., Espinet, M., García, M., Pujol, R., Sanmartí, N., 1999). Las diferencias hacen referencia a los valores que la guían, los procedimientos y los modelos que se usan, pero teniendo en cuenta que se pretende construir un lenguaje mediante el cual los alumnos puedan pensar sobre el mundo de los hechos, de tal manera que se sientan participes de él. En este sentido, es el lenguaje el agente mediante el cual se construyen los modelos en los cuales tomarán sentido las entidades teóricas que serán las que permiten transformar los hechos en ideas.

Desde esta perspectiva la importancia de analizar libros de texto como línea de investigación es indiscutible, por ser el libro una de las formas en que se comunica a los alumnos los conocimientos científicos consensuados a través de un lenguaje que pretende ser entendible para el alumno pero acorde con la ciencia misma. Finalmente, va a ser este lenguaje el que toma la función de ‘conocimiento escolar’; es importante

identificar su significado experimental, sin el cual este conocimiento no llegaría a ser un conocimiento científico del mundo.

La necesidad de conocer los aspectos que caracterizan a un libro de texto despierta el interés suficiente dentro de esta problemática para justificar las investigaciones al respecto.

Cómo en el apartado anterior se mencionaba, dada la extensa cantidad de contenido que los textos incorporan centraremos la investigación en un contenido específico, al cual los libros dedican poca atención a pesar de su importancia teórica y práctica: las Ondas. Se ha escogido que el análisis se realizará en este contenido debido en parte a que es uno de los temas que más dificultades presenta para los alumnos, dada su abstracción y complejidad conceptual, pero también por su importancia en nuestra vida cotidiana ya que constituye una base importante de la tecnología que a diario utilizamos, ofreciendo así un aspecto cotidiano y cercano al mundo real con variedad de aplicaciones e intervenciones que llenan al contenido de valor educativo. No hay que olvidar además que nuestras primeras interacciones con el mundo, incluso desde antes de nacer, son a través de fenómenos interpretados con un modelo ondulatorio lo cual supone una riqueza adicional para el interés por su estudio. La simplicidad del modelo y la ligereza con la cual se introduce y se utiliza contrasta con la complejidad del propio modelo y con la enorme variedad de sus aplicaciones.

1.4 Preguntas de investigación y Objetivos

A partir de la problemática expuesta anteriormente y sin perder de vista el valor educativo que se persigue (del cual se derivan los indicios de calidad), surgen las preguntas que motivan la presente investigación.

Principalmente aparece la necesidad de conocer qué nos dicen los libros de texto sobre las ondas, lo cual implica conocer tanto sus características narrativas como su estructura. En otras palabras:

¿De qué maneras el libro de texto nos habla sobre las ondas y qué nos dice sobre ellas, desde un punto de vista educativo?

Esto implica, para nosotros, investigar sobre las características Retóricas, Semióticas y del Contenido mismo presente en los libros de texto que tratan el tema de las ondas.

En adelante, para este trabajo, al pensar en las características retóricas del libro se hará referencia al formato y figuras retóricas (lenguaje) utilizado en el texto, identificando así las formas como éste conecta con el lector. Las características desde un punto de vista semiótico se refieren al tipo de imágenes, preguntas y actividades que incorpora, o sea las herramientas o mecanismos que el libro utiliza como signos para transmitir/generar el conocimiento sobre los fenómenos ondulatorios. Y por otra parte, existe la necesidad de indagar sobre la construcción teórica del texto en torno al tema, o sea como se estructura el contenido: las relaciones conceptuales que establece y cómo conectan con los hechos del mundo a los cuales hace referencia, siendo estas las características que nos interesan desde un punto de vista del contenido.

Por otra parte y con la aparición de los libros digitales, la investigación considerará como objetos de estudio libros en ambos formatos (papel y digital) por lo que inevitablemente surge la pregunta de si con este cambio de formato

¿Cambia la manera en que el alumno-lector construirá los significados en torno al contenido en cuestión?

Es importante en este punto aclarar que en esta investigación no analizamos la transición del libro de papel al digital en sí misma. Sólo hacemos uso de las circunstancias de la transición para poder contemplar aspectos específicos que de otra manera no se podrían observar, como por ejemplo, las diferencias existentes en la capacidad de intervenir por parte del alumno sobre el libro y del libro a su vez sobre el mundo, en las condiciones que ambos formatos establecen.

El poder trabajar con libros de formatos diferentes permitirá establecer comparaciones en torno a la forma como es tratado el contenido de ondas según las características propias de cada libro, lo cual nos lleva a plantear:

¿Qué ventajas y/o desventajas existen en el uso de cada tipo de libro respecto al otro cuando se trata de enseñar “ondas”?

Y desde un punto de vista más general:

¿Existe una relación entre los aspectos retóricos, semióticos y teóricos observables en los libros de texto de ambos formatos?

Finalmente, es importante hacer hincapié en que tomamos como referencia, para toda la investigación, a la propuesta curricular de ciencias para secundaria (currículo oficial), para que a partir de los datos mismos y desde el comienzo de la investigación sea apreciable hasta que punto parece o no consecuente la forma como se enseña el contenido en cuestión con las exigencias y necesidades de la educación actual tal como lo propone la administración educativa catalana.

Para responder a estas preguntas y orientar la investigación se han planteado diversos objetivos específicos organizados en torno a un gran objetivo general que es

Analizar cómo los libros de texto incorporan el contenido en torno a las ondas en relación con la propuesta curricular vigente para secundaria

En resumen, esta revisión a los libros de texto implica dos cosas:

a) por un parte, considerar no sólo libros de papel, sino también los libros de texto digitales que desde los inicios de este trabajo irrumpieron con fuerza en las aulas y el mercado editorial.

b) y por otra, considerar que un análisis acabado a los libros de texto implica hacer una revisión a sus características semióticas, retóricas y de estructura conceptual (en relación al contenido específico, las ondas en este caso) ya que todos estos aspectos

contribuyen a elaborar la ciencia que se quiere enseñar, tal como el resultado de una investigación previa¹ lo demostró.

Para llevar a cabo este cometido y dar respuesta a las preguntas planteadas, se hace necesario plantear objetivos específicos que apuntan al análisis de cada uno de los aspectos involucrados. Dichos objetivos específicos son:

- 1) *Hacer una revisión del currículo oficial de ciencias de secundaria para tener un punto de partida y de referencia a la vez.*
- 2) *Identificar las características retóricas de los textos para determinar su comunicabilidad y su factualidad.*
- 3) *Caracterizar los diversos mecanismos semióticos que cada libro utiliza para tratar el contenido teórico y factual.*
- 4) *Identificar la construcción conceptual del contenido, pudiendo determinar la presencia o ausencia de un modelo teórico de onda, que debería resultar coherente y explicativo, en relación a los fenómenos del mundo que se le corresponden*
- 5) *Comparar las características retóricas, semióticas y conceptuales identificadas en libros tradicionales y digitales, para distinguir diferencias y/o similitudes en la forma como se construyen los significados en torno a las ondas.*
- 6) *Sugerir, a partir de estas tres dimensiones, criterios de calidad de la concreción curricular que construye el libro de texto, en base a nuestros fundamentos teóricos posteriormente expuestos.*

¹ Ver Carla Henández Silva (2008) *Concepciones de ciencia en libros de texto*. Tesina Máster en Didáctica de las Ciencias, UAB

1.5 Organización general de la Tesis

El presente escrito está organizado en siete capítulos, cada uno haciendo referencia a diferentes aspectos de la investigación, y de los cuales el primero ha sido dedicado a la presentación y concreción del problema a investigar.

El segundo capítulo presenta las bases teóricas que sostienen esta investigación y que se surgen básicamente de cuatro áreas de interés. Por una parte una mirada hacia la enseñanza de la ciencia desde la llamada Actividad Científica Escolar, desde la cual surge la idea de replantear el rol que el Lenguaje tiene en este proceso siendo este un segundo aspecto a revisar teóricamente. Nos limitamos al análisis de la construcción del mundo científico que hace el libro de texto para ofrecerlo al alumno, según una tradición ya muy antigua en nuestra cultura. A continuación un tercer aspecto aparece desde la necesidad de construir esta nueva ciencia escolar replanteando los contenidos y métodos que se utilizan actualmente en secundaria. Consideramos que el énfasis actual en las 'competencias' introduce un nuevo requerimiento: la capacidad de aplicar los conocimientos al control de los fenómenos' que debería cambiar de raíz esta tradición libresco, sin que esto signifique, por supuesto, prescindir de los libros. Esto amerita una reflexión en torno a cómo se enseña actualmente las ciencias y específicamente el contenido de Ondas, como Modelo Teórico para presentar los contenidos y estudiar ciencia en torno a ellos. Finalmente, se plantean ideas sobre cómo valorar la representación del conocimiento científico en los textos escolares, a partir de la combinación de las tres dimensiones: retórica, semiótica y conceptual.

El tercer capítulo, está dedicado al desarrollo metodológico de la investigación presentado las bases metodológicas, los instrumentos utilizados para la obtención de los datos, y las estrategias a seguir para el posterior análisis.

El cuarto capítulo reúne la muestra de los datos utilizados para la investigación así como también el proceso de correlación de datos que constituye el inicio de la

posterior interpretación de datos y análisis, y que incorpora algunos resultados parciales, “a priori”.

En el quinto capítulo se presenta el análisis y tratamiento dado a los datos desde los diferentes aspectos a investigar en consecuencia con los objetivos planteados, partiendo de las ideas surgidas en la correlación hecha a los mismos. Se exponen aquí también resultados generales obtenidos de la interpretación realizada.

Finalmente, en el sexto capítulo, se presentan las conclusiones obtenidas así como prospectivas e implicancias que surgen a partir de la presente investigación y diversas consideraciones a tener en cuenta.

Como autora, espero que la lectura sea de su agrado.

Capítulo 2

MARCO TEÓRICO

El presente capítulo reúne las bases teóricas consideradas para esta investigación que fundamentan los procedimientos y análisis realizados.

Básicamente son cuatro los pilares teóricos de referencia utilizados y que se exponen a continuación.

2.1 Actividad Científica Escolar

Cada uno de nosotros en algún momento, ha tenido una idea sobre lo que es la ciencia, sus objetivos e implicaciones. Si lo pensamos bien, esas ideas han debido estar asociadas a algún modelo conocido que a continuación diferenciamos:

a) El modelo de ciencia de los científicos,

b) El modelo de ciencia que aprendimos y vivimos en la escuela

c) Y nuestro propio modelo de ciencia, llamémoslo “alternativo”, que corresponde a la visión de ciencia extraída de nuestra propia experiencia e interacción con el mundo.

En este punto, utilizamos el término ‘modelo’ en su acepción más elemental como una “representación concreta de alguna ‘cosa’ [...] que reproduce los principales aspectos visuales o la estructura de aquellas ‘cosa’” (Justi, 2006). En este sentido la ciencia será representada o entendida de manera diferente según la procedencia o contexto de aplicación de dicho modelo.

En el modelo de ciencia de los científicos encontramos los contenidos y entidades teóricas que se consideran importantes de aprender en nuestro contexto socio-cultural, y que como profesores pretendemos enseñar en la escuela.

Cuando este modelo lo aplicamos y/o adaptamos al contexto pedagógico aparece un Modelo de Ciencia Escolar, que es diferente del anterior porque en él se incluyen otros aspectos como por ejemplo, los valores y actitudes que surgen de considerar la

ciencia como una actividad humana. Pero cuando este Modelo de Ciencia Escolar se quiere transmitir al alumno en el proceso de enseñanza de las ciencias, nos encontramos que él, como individuo, tiene construido un Modelo de Ciencia Alternativo, el cual hasta el momento le ha dado respuestas sobre el mundo que le rodea y le ha permitido comprenderlo. Entonces ambos modelos se ven enfrentados, y el resultado de esa interacción entre ambos determinará en cierta forma el éxito del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias (como el alumno aprenda las ciencias).

En resumen, el Modelo de ciencia utilizado en la escuela resulta muy diferente de la ciencia de los científicos pero también dista mucho de la ciencia que conocen y probablemente utilizan los alumnos, ya que los diversos conceptos proporcionados por la ciencia para interpretar los fenómenos del mundo tienen significados diferentes para los alumnos y por lo tanto también difieren dentro del contexto escolar.

Sin embargo, aún siendo conscientes de las dificultades que conlleva la elaboración de un modelo de ciencia escolar de calidad, así como también de las limitaciones propias del contexto escolar, se requiere que este modelo de ciencia sea innovador y entregue al alumno recursos para desarrollarse como ciudadano capaz de comprender y actuar sobre el mundo que lo rodea. O sea implica consideraciones a nivel de los contenidos científicos (Contenidos Conceptuales), a nivel de los procedimientos experimentales y matemáticos (Contenidos Procedimentales) y también en cuanto a la actitud frente al trabajo científico y los valores de la ciencia en sí (Contenidos Actitudinales) Al respecto concordamos con Pozo y Gómez (1998) quienes consideran que "... es necesario renovar no sólo esos contenidos sino también las metas a los que van dirigidas, concibiéndolas no tanto como un fin en sí mismos – saberes absolutos o positivos, a la vieja usanza - sino como medios necesarios para que los alumnos accedan a ciertas capacidades y formas de pensamiento que no serían posibles sin la enseñanza de la ciencia."

El modelo de ciencia escolar tiene como objetivo entregar al alumno los recursos necesarios para pensar, hablar y actuar sobre los hechos del mundo. Es así como la teoría científica, es decir, los conocimientos asociados al pensar, la experimentación

asociada al hacer y la comunicación asociada al hablar conforman los pilares de la Actividad Científica Escolar (Izquierdo y Aliberas, 2004)

En un trabajo realizado por Izquierdo, Espinet, García, Pujol y Sanmartí, (1999) encontramos las bases de lo que debe ser una experimentación que constituya una actividad científica escolar, la cual tiene que “garantizar la aplicabilidad de los conocimientos escolares” esto a su vez “requiere que los alumnos sean capaces de regular sus propias acciones”. Se reconoce además las dificultades que supone diseñar una ciencia escolar “si se pone como condición la significatividad de los aprendizajes y el rigor de los contenidos que se aprenden”, o sea, que todo aquello que se enseña tenga sentido para el alumno. Sin embargo no todos los contenidos científicos incluidos en el currículo pueden llegar a ser significativos para el alumno y en este caso es que la actividad científica escolar (A.C.E.) busca la manera de realizar lo que se ha denominado una “transposición didáctica” (Izquierdo et al, 1999) para hacer que los conocimientos científicos sean transformados en contenidos comprensibles y aplicables para los alumnos. Esto requiere el uso de un lenguaje adecuado también entendible para los alumnos pero que incluya entre sus palabras los simbolismos y términos necesarios para aprender esta ciencia de forma significativa.

2.2 La Actividad Científica y los modelos de ciencia de los alumnos

Toda teoría o modelo educativo no puede ignorar la realidad de lo que ocurre en el aula ya que es ahí donde la interacción entre alumnos, profesores y material didáctico es puesta a prueba.

Los alumnos llegan a la escuela con teorías implícitas sobre el mundo que en el aula se ven cuestionadas cuando el profesor comienza a hablar sobre ‘algo’ llamado ciencia que se rige por sus propios principios y métodos. Entonces surge la dificultad que supone para el profesor convencer a ese alumno de que lo que va a aprender será útil para su vida. Esa dificultad es a la vez un desafío para la ciencia escolar. Pero otra dificultad radica en los objetivos que cada sujeto implicado tiene en el contexto de la clase, porque mientras el alumno sólo quiere aprobar un curso el profesor quiere que

el alumno aprenda contenidos científicos. Por lo tanto la pregunta que cabe hacerse en este punto sería ¿de qué forma se puede acercar la ciencia al alumno para que su interés por ella vaya más allá de las evaluaciones? La respuesta a ésta y otras preguntas similares implica la consideración de varios aspectos simultáneamente que caben dentro de que lo que aquí consideramos el ‘qué’, el ‘cómo’ y el ‘con qué’ de la enseñanza de la ciencia y que se resume en el siguiente diagrama:

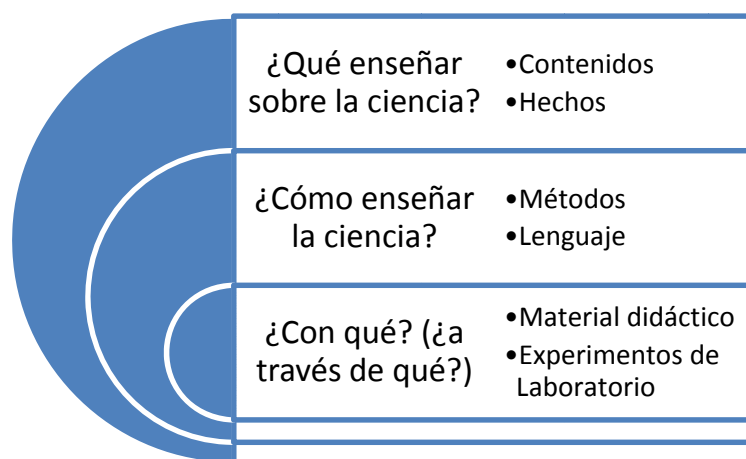


Ilustración 2. Las preguntas claves de la enseñanza de la ciencia

Cada uno de estos aspectos será desarrollado en algún punto de la investigación pero cabe hacer una mirada en general para ser conscientes de la magnitud del desafío que significa llevar la ciencia al aula. En general la propuesta debe tener coherencia entre conceptos, procedimientos y actitudes para que el profesor pueda convencer al alumno finalmente no por su autoridad sino por la calidad y la riqueza que significa el aprendizaje. Dicha coherencia debe verse reflejada en la historia que sobre la ciencia se cuente a través de las teorías, conceptos, fenómenos, experiencias prácticas y el propio lenguaje con el cual se narra la historia.

Las teorías y conceptos deben otorgar al alumno argumentos válidos para que comprenda la conexión entre ellos y pueda aplicarlos a nuevos contextos y situaciones. Cuando el alumno aprende ciencia debe sentir el poder y la autoridad que da adquirir conocimientos que le permitan transformar el mundo, comprenderlo y poder actuar

sobre él, por lo tanto los contenidos no son simplemente un listado de conceptos y teorías resumidas, sino que deben ser una conjunto de herramientas conceptuales significativas y sobretodo útiles.

Una vez resuelta la duda sobre qué enseñar de la ciencia viene la búsqueda del cómo hacerlo. ¿Cómo llevamos al aula todo ese conjunto de contenidos científicos que se quieren enseñar?, ¿qué hacemos con ellos? Por una parte la elección de una metodología adecuada nos obliga a pensar en un modelo didáctico coherente con las pretensiones de la ciencia escolar. No es lo mismo transmitir una serie de conceptos y pedir al alumno que los aprenda, memorice y reproduzca, con la idea de transmitir al alumno una serie de conceptos para que pueda estructurar con ellos un conocimiento científico apropiado que le otorgue explicaciones coherentes sobre el mundo que le rodea y le permita plantearse problemas sobre él así como también buscar soluciones.

Desde un punto de vista constructivista es preferible que la manera de enseñar la ciencia, el cómo, vaya ligado a la idea de que cada individuo sea un aprendiz activo, responsable de su propio aprendizaje. En otras palabras los métodos que la ciencia escolar ocupe deberían ir orientados a la formación de un 'alumno-ciudadano', más que un 'alumno-diccionario-científico'.

Dentro de este punto la elección del lenguaje adecuado utilizado para enseñar la ciencia es clave. Las palabras y la forma de expresarlas, las ideas y las características propias del discurso determinan lo que queremos demandar del alumno así como también cual es su rol en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Más adelante se discutirá sobre este punto de manera más profunda dada la relevancia del tema.

Una vez decidida cual es la mejor manera de enseñar ciencias viene el problema que conlleva la elección de las herramientas adecuadas que ayudarán al profesor en el proceso dentro del aula, aunque con posibilidades de que el aprendizaje también prosiga fuera de ella. Es así como la pregunta sobre con qué enseñamos ciencia, se responde pensando en qué instrumentos puede usar el profesor y el alumno para reunir, resumir, respaldar y complementar todos los contenidos ya consensuados que se quieren enseñar de la manera adecuada.

En este punto tenemos por una parte las actividades prácticas que en el aula resultan clave para que los alumnos se acerquen a una parte fundamental de la ciencia que es la experimentación. Como Izquierdo y otros (1999) nos indican “la experimentación y el razonamiento dan valor a una ciencia escolar que se construye justamente para conocer mejor el mundo y para actuar responsablemente sobre él”.

La elección de qué actividades realizar en el aula conlleva la dificultad que supone su significatividad y eficacia desde el punto de vista de que deben ser coherentes con la teoría que les da sentido. Todo esto sin perder de vista que ante todo el alumno no es un científico y por lo tanto su trabajo en el laboratorio dista mucho del procedimiento que un científico seguiría. El trabajo experimental en la escuela debe ser consecuente con los modelos teóricos que se enseñan y con los hechos del mundo que se quieren interpretar para que se transformen en hechos científicos y haya aprendizaje. Un hecho científico escolar es entonces aquel que se puede interpretar en términos de un modelo y que requiere de la conexión entre acción, fenómeno e instrumento (Izquierdo y otros, 1999)

En nuestro trabajo nos centramos en la aportación que pueden hacer los libros, como materiales didácticos que son, a esta actividad que debemos desarrollar en los alumnos. Actualmente se reconoce el papel central que los libros de texto tienen en el aula por ser el complemento frecuente en las clases de ciencia y como apoyo para el estudio por parte de los alumnos. Tal como veremos más adelante, los libros de texto permiten reunir todo tipo de información en sus páginas desde la teoría misma hasta las pautas para el trabajo experimental. Sin embargo el desarrollo tecnológico ha podido trasladar al aula variados instrumentos que constituyen también un buen apoyo tanto para el maestro como para el profesor. Es el caso de los ordenadores, los proyectores y últimamente las pizarras digitales entre otros. El potencial de cada uno de estos materiales radica en el real uso que de ellos se haga pensando en complementar los modelos teóricos con imágenes alusivas, diagramas, tablas de datos, videos y actividades prácticas o de simulación, por lo tanto la elección dependerá de los objetivos que se persigan.

Como se ha podido ver, la construcción de una ciencia escolar es problemática, puesto que supone partir de los objetivos propios que se plantean en el aula y de las

necesidades que ahí surgen cuando se quiere enseñarla. En este proceso de construcción es clave no perder de vista el carácter social y colectivo de la ciencia y que por lo tanto su aprendizaje por parte del alumno no puede quedar reducido a la simple asimilación de un discurso bien elaborado sino que debe potenciar la participación colectiva en la actividad científica escolar. El trabajo científico en el aula debe otorgar espacio a que los alumnos puedan plantearse preguntas, emitir hipótesis, diseñar experimentos, realizarlos, analizarlos, investigar y, sobretodo, crear una necesidad reiterada de indagación y razonamiento en torno a situaciones y problemas que para ellos sean relevantes. Coincidimos con M.J.Rodrigo (1997) en que la escuela debe proporcionar entornos de aprendizaje que permitan construir 'contextualizadamente' tanto el conocimiento del mundo concreto, como el de las abstracciones y simulaciones ideales de la realidad.

En el siguiente capítulo discutiremos sobre el importante rol del lenguaje en este proceso de transposición de conocimientos, su importancia dentro de la Actividad Científica Escolar y en los libros de texto que se utilizan como material didáctico complementario del aprendizaje.

2.3 Lenguaje y Enseñanza de las Ciencias

Desde el comienzo de los tiempos el hombre ha buscado la forma de comunicarse para expresar sus ideas y buscar su sitio en la sociedad. Los diversos tipos de lenguaje que existen permiten que personas en todo el mundo podamos entendernos de una forma u otra. Sin embargo, existen situaciones y contextos que requieren de un solo tipo de lenguaje que permita dar universalidad a lo que se quiere expresar y un ejemplo de ello es la Ciencia. Con sus leyes, principios, hechos y teorías, todos quienes saben o pretender saber algo sobre la ciencia deben dominar un mismo lenguaje, lleno de símbolos, palabras y herramientas lingüísticas que en otros contextos tal vez no tendrían sentido. Es así como una parte importante de lo que implica enseñar o aprender ciencia radica en el lenguaje y sobre esta idea discutiremos en el presente apartado.

2.3.1 Lenguaje y semiótica social

El conocimiento es un proceso de construcción social permanente, mediante el cual evoluciona la “imagen” de la realidad que tiene cada individuo dentro de su contexto social y las maneras de desenvolverse en dicho contexto, todo esto gracias a la interacción mediada por la comunicación. Es precisamente la comunicación asociada a cualquier tipo de lenguaje lo que nos permite conectar la teoría y la práctica (el pensar y el hacer), como bases de la actividad científica escolar.

Como herramienta de comunicación, un libro es también un producto de ella; asimismo lo es tanto lo que se quiere comunicar en él como lo que, en última instancia, logra comunicarse. Las figuras, los símbolos y las palabras (recursos semióticos) que aparecen en un libro son producto de un autor o grupo de autores, pero el significado que comunican, lo que el lector interpreta, depende no sólo de dichos símbolos sino también del usuario y su entorno.

Podemos considerar entonces al lenguaje como el sistema de recursos semióticos en el que todo objeto y toda acción representa un símbolo cuyo significado interacciona con muchos otros símbolos y significados. Es así que se va construyendo la “representación mental” que tenemos del mundo, la cual a su vez, depende de todos los elementos que participan en las interacciones, es decir, depende del contexto. Y se puede hablar de contextos relativamente generales como los contextos culturales, en palabras de Halliday (1978), y de contextos individuales, familiares y por supuesto, del contexto escolar.

Desde esta perspectiva, la semiótica social aporta una forma diferente de explicar cómo los seres humanos elaboramos significados (Lemke, 1997). Mientras la semiótica “se refiere al estudio de todos los sistemas de signos y símbolos (incluyendo gestos, imágenes, etc) y de cómo éstos son empleados para comunicar y expresar significados” (Lemke, 1997), la semiótica social estudia cómo los seres humanos elaboramos significados considerando que somos entes sociales partícipes de una comunidad. En términos generales, la semiótica social nos ofrece un punto de vista diferente para observar el libro de texto como un objeto cultural y social que nos ayuda a crear significados sobre la ciencia.

Elaborar significados implica actividades tan diversas como hablar, escribir y razonar, que son precisamente los aspectos que interesa desarrollar en el alumno al enseñar ciencia. Pero, en palabras del mismo autor, “es erróneo decir, como la gente frecuentemente hace, que algo tiene significado, como si el significado fuera parte de su propia naturaleza. Una palabra, un diagrama o un gesto no tienen significado. Un significado tiene que ser elaborado o construido por alguien, de acuerdo con una serie de convenciones para crear sentido en esas palabras, diagramas o gestos” (Lemke, 1997)

Un significado no es sólo dar sentido a las palabras, sino que también se utilizan para elaborarlas, y como que el lenguaje varía de una persona a otra, los significados que puedan llegar a construir sobre una misma palabra o imagen será diferente, dependiendo del contexto y de la realidad de cada individuo. Por lo tanto, para que los individuos construyan significados en la clase de ciencias, debemos tener en cuenta la importancia del lenguaje porque nos permite relacionar los conocimientos teóricos con los hechos y las acciones que ocurren en el mundo y darles sentido. Sin embargo el lenguaje depende del contexto y sobre eso reflexionamos en el siguiente apartado.

2.3.2 Lenguaje científico, cotidiano y científico escolar (L.C.E.)

Entre las problemáticas que enfrenta la enseñanza de las ciencias está el escoger de qué manera los contenidos científicos serán expuestos con el fin de que el alumno logre comprenderlos y pueda construir entonces el “conocimiento científico” esperado. Esto supone a su vez la búsqueda y elección de instrumentos y/o herramientas lingüísticas adecuadas para la “transmisión” de dichos contenidos y su correcta “recepción” (aprendizaje).

A raíz de lo anterior surge la idea de considerar el lenguaje como un mediador para la comunicación de los hechos científicos desde la comunidad científica a la comunidad educativa y desde aquí a los alumnos (mundo no académico, ni científico).

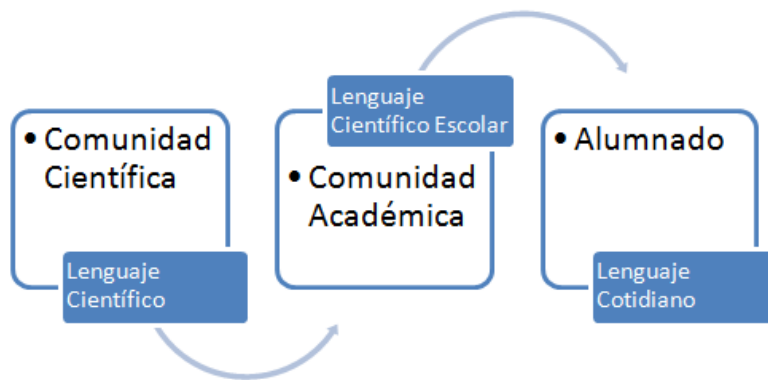


Ilustración 3. Lenguaje como mediador para la comunicación de los contenidos científicos

En una primera instancia tenemos el lenguaje científico propiamente tal, que es el utilizado por los científicos para transmitir sus ideas, teorías y visiones sobre los hechos del mundo. En palabras de Sutton (1997) este lenguaje corresponde a un sistema interpretativo *“utilizado activamente para generar una nueva comprensión de los hechos”*

Seguidamente, cuando la comunidad educativa decide enseñar (transmitir) el conocimiento científico al alumnado o público aprendiz, “transforma” el lenguaje científico puro en un lenguaje científico escolarizado, o sea, adaptado a la realidad que la comunidad académica enfrenta en persecución de su cometido. Lo que en adelante llamaremos Lenguaje Científico Escolar (L.C.E.) representa la “solución” que la comunidad educativa encuentra para llevar hasta los alumnos los conocimientos científicos que se considera debería conocer y aprender.

La problemática antes planteada sobre qué herramientas lingüísticas considerar a la hora de transmitir conocimiento científico cobra vida en este punto. Son variados los materiales didácticos que se utilizan en el aula y como ya se ha comentado en algún otro apartado, aparece el libro de texto como uno de los principales. Sin embargo a raíz de la “informatización” la comunidad educativa incorpora elementos provenientes de la tecnología para ayudar a los alumnos a comprender mejor la ciencia escolar, la que se quiere enseñar. Este paso supone un acercamiento entre el alumno y la escuela

ya que esta última recurre a herramientas que son más cercanas y probablemente más interesantes para los alumnos.

Es así como el LCE, plasmado en los diversos materiales didácticos que el mundo académico propone y utiliza, se hace más legible y asequible a unos alumnos, o individuos no científicos, que poseen su propia visión de la ciencia (ciencia popular) y un lenguaje propio que les permite hablar de ella. Este lenguaje cotidiano carente de argumentación se corresponde más con una visión del lenguaje como sistema de etiquetaje, en palabras de Sutton (1997). Es un lenguaje utilizado para transmitir información conocida y que tiene una función más bien descriptiva de los hechos, antes que una función formadora de la teoría. Permite hablar sobre cosas sabidas, ya definidas.

Siguiendo la idea de Sutton (1997), comprender adecuadamente la ciencia requiere el conocimiento no sólo del lenguaje científico (interpretativo) sino también del Cotidiano (de etiqueta), sin embargo hay un gran distanciamiento entre las palabras que los científicos utilizan inicialmente para dar a conocer sus ideas, y el vocabulario común que utiliza todo el mundo “no científico”.

Por lo tanto la responsabilidad de provocar un acercamiento o conexión entre ambos recae en lo que anteriormente hemos denominado LCE, cuyo objetivo sería el de transmitir el conocimiento científicamente aceptado por la comunidad educativa utilizando palabras y herramientas más próximas al entorno del alumnado, o sea, sacadas del lenguaje cotidiano. El LCE utiliza un vocabulario más familiar que el científico y utilizado con tal frecuencia que sus palabras dan seguridad. Es por esto que muchas de las explicaciones que a través de él se dan sobre el comportamiento del mundo son aceptadas como verdades incuestionables que describen la realidad tal como es. En palabras de Sutton (1997, pp21) “la familiaridad genera realidad”.

como también sus interacciones². De ella se desprenden variadas ramas del conocimiento como el electromagnetismo, la termodinámica, la mecánica, la óptica e incluso la astronomía siendo entonces una de las disciplinas académicas más antiguas e influyentes.

La estrecha relación que existe entre ésta y otras ciencias le otorgan un rol significativo y central dentro del desarrollo y la comprensión del mundo ya que de sus avances han surgido nuevas tecnologías y numerosas aplicaciones a todos los campos del conocimiento. Sus alcances son sorprendentes ya que nos ha permitido conocer características impensables sobre el micro y macro mundo pudiendo llegar a describirlos con exactitud y veracidad. Desde la constitución de la materia hasta el comportamiento del universo, todo conocimiento nace de sus principios.

No es de extrañar entonces que enseñar física en nuestras aulas sea una tarea difícil. Siglos de desarrollo y conocimiento no pueden ser resumidos fácilmente en algunas horas de trabajo en el aula y en unas cuantas páginas de unos cuántos libros con la intención de que la comunidad no científica (alumnos) pueda llegar a comprenderla y aprender sobre ella. Sin duda, es realmente un desafío, pero es cuestionable el papel que a este contenido se le ha dado hasta ahora dentro de la ciencia escolar porque a pesar de su importancia y relevancia resulta muy poco significativo para los alumnos.

Pensemos en el caso de los contenidos científicos en general, tal como aparecen en el currículo de la ESO. Como ya hemos discutido en apartados anteriores, los contenidos científicos en el currículo de la E.S.O., apuntan a la ampliación de los conocimientos adquiridos en etapas anteriores, insistiendo en la importancia del trabajo práctico como una forma de afianzar dichos contenidos. No se debe olvidar que la física es una ciencia tanto teórica como experimental pero que su estudio en la escuela no está orientado a la formación de científicos sino a la formación de ciudadanos razonables conocedores del mundo que les rodea.

2 Wikipedia, 11 de noviembre de 2010

Demos una primera mirada a la presencia de las ciencias en general dentro del currículo para luego mirar en profundidad el rol de la física y dentro de ella, el contenido que nos interesa investigar, las ondas.

2.4.1 La ciencia en el currículo de la ESO

“Las ciencias de la naturaleza proporcionan maneras útiles de comprender el mundo y los procesos y fenómenos relevantes para la ciudadanía del siglo XXI” (currículo oficial pp 80). Con estas palabras el currículo oficial de la asignatura de ciencias de la naturaleza para la educación secundaria en España sitúa con claridad la enseñanza de las ciencias es un contexto actualizado donde se consideren las características del entorno sociocultural del alumnado.

La justificación de su estudio recae en la necesidad de que los jóvenes comprendan el mundo que le rodea pudiendo buscar soluciones y explicaciones a los problemas cotidianos que surgen de su interacción con la naturaleza y en su rol de ciudadano participe de una comunidad activa. Al respecto, Izquierdo (1999) indica que “la enseñanza de las ciencias ‘para todos’ ... requiere un currículo específico, diseñado por especialistas que puede llegar a ser muy diferente de los que configuran los estudios de ciencias universitarios; pero una y otros han de tener algo en común, puesto que la aceptación y la comprensión social de la ciencia en el futuro dependerán de la formación que hayan recibido los ciudadanos”.

Se reconoce que la ciencia es ante todo una actividad humana provista de valores, reflexiones, razonamientos y aspectos comunicativos, y por lo tanto su enseñanza debe tener en cuenta aspectos sociales y principios éticos propios de la práctica científica.

Desde el punto de vista de la actividad científica escolar, el currículo considera que paralelo a las competencias básicas de aprendizaje hay competencias científicas que los alumnos deben desarrollar. La competencia científica “es la capacidad de utilizar el conocimiento científico para identificar preguntas y obtener conclusiones a partir de evidencias, con la finalidad de comprender y ayudar a tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios que la actividad humana ha producido” (currículo oficial)

Entre las competencias científicas que se mencionan destacamos tres que son de mayor interés para nuestra investigación por su relación directa con el lenguaje:

- 1. Comunicar en lenguaje científico los datos, las ideas y las conclusiones utilizando diferentes modos comunicativos y argumentarlos teniendo en cuenta puntos de vista diferentes del propio.*
- 2. Comprender textos de contenido científico de diferentes fuentes (Internet, revistas y libros de divulgación científica, discursos orales, etc.) y disponer de criterios para analizarlos críticamente*
- 3. Utilizar el conocimiento científico para argumentar de manera fundamentada y creativa las actuaciones como ciudadanos i ciudadanas responsables, especialmente las relacionadas con la gestión sostenible del medio, la salud propia i la comunitaria, y el uso de aparatos y materiales en la vida cotidiana.*

Es interesante detenerse un momento a pensar sobre lo que aquí se puede entender como “lenguaje científico” para la comunicación de información. Desde nuestro punto de vista teórico el lenguaje científico está provisto de términos, símbolos y hechos provenientes de personas (científicos) que en un contexto particular, tiempo y espacio determinados, han decidido utilizar para comunicar sus ideas y reflexiones sobre el mundo. Sin embargo su directo uso en el contexto escolar significaría dejar fuera aspectos provenientes del espacio y tiempo propios del alumno así como también sus propias características individuales, a la hora de comunicar ideas y presentar fenómenos. Esto directamente influiría en la manera como el alumno construya su conocimiento científico y por lo tanto más que el uso directo del lenguaje científico, insistimos en la idea de un lenguaje científico escolarizado, o sea, enmarcado dentro de un contexto escolar tal como se plantea desde la A.C.E.

Ahora bien, la idea de que el alumno logre ser capaz de comunicar información y pensamientos propios a través de un L.C.E. utilizando diferentes modos comunicativos, implica el poner a su disposición diversidad de herramientas que faciliten dicha comunicación y que permita al alumno explorar sus posibilidades y potenciar sus

formas de expresión. En este punto gana importancia el uso por ejemplo del lenguaje multimedia a través del uso de las Tic's en sus diversas formas.

Teniendo en cuenta el tema central de la presente investigación, cabe decir que la incorporación al aula de los libros digitales como material didáctico permite combinar las competencias comunicativas lingüísticas, audiovisuales y digitales dentro de las cuales se considera que la utilización de recursos multimedia permite entre otras cosas la modelización de fenómenos tan importantes para el aprendizaje de los contenidos de ciencia.

Continuando el análisis de las competencias antes citadas, podemos destacar el uso de la argumentación como una manera efectiva para comunicar ideas y justificar acciones y decisiones en torno a las situaciones planteadas con un sello propio y personalizado.

Por otra parte la comprensión de textos científicos implica ofrecer al alumnado la posibilidad y los espacios necesarios para realizar lecturas de interés relacionadas con el tema estudiado y que esté disponible a través de diferentes recursos. A pesar de que en un libro de texto, por ejemplo, se puedan incorporar artículos anexos y complementarios al tema tratado, siempre la responsabilidad de fomentar este tipo de lecturas recae en el profesor de la asignatura que puede y debe propiciar las instancias para que los alumnos consulten fuentes diversas a través de otros recursos, como internet, por mencionar otro ejemplo.

Finalmente la capacidad de utilizar el conocimiento científico dentro de un contexto sociocultural determinado es una necesidad que surge del considerar al alumnado un ciudadano responsable con su entorno y que cotidianamente se enfrenta a situaciones que requieren acciones y soluciones razonadas, como por ejemplo, el uso de instrumentos tecnológicos basados en la ciencia que se estudia, en este caso la física de las ondas, para su correcto funcionamiento.

Otro aspecto importante para nuestra investigación que se incluye dentro del currículo, es el reconocimiento de cómo la enseñanza de las ciencias contribuye al desarrollo de competencias básicas para la formación del alumnado, como por

ejemplo, la competencia comunicativa tanto lingüística como audiovisual y multimedia.

Destacamos entre otras la competencia relacionada con el aprender a aprender, que hace referencia a como los alumnos cuando aprenden ciencias deben ser capaces de generar ideas para interpretar el mundo, cuestionarse sobre lo que sucede a su alrededor y reconocer sus propias limitaciones y potencialidades en el camino hacia la construcción del conocimiento.

Pensando en el uso de los libros de texto digitales, el aporte desde la enseñanza de la ciencia al desarrollo de la competencia digital surge del fácil acceso que los individuos tienen a fuentes de información diversas sobretodo las relacionadas con las Tic's propiciando la búsqueda de contenidos relacionados con la materia y el uso de nuevos recursos que facilitan la observación y modelización de fenómenos.

Es interesante destacar también la consideración de que el estudio de las ciencias de la naturaleza permite desarrollar la competencia social y ciudadana desde el punto de vista de cómo aprender aporta conocimientos para enfrentar problemas cotidianos fundamentando las opiniones y potenciando la toma de decisiones responsable.

Hasta este punto nadie duda de la importancia y relevancia que tiene el estudio de las ciencias de la naturaleza mirando más allá del contenido. Pero al momento de estructurar dichos contenidos, la elección de cómo distribuirlos a lo largo de 4 años de estudio no es tarea fácil. Sin duda, el mayor problema viene dado por la gran cantidad de contenidos y el poco tiempo disponible para trabajarlos. Resumir en este tiempo los conocimientos científicos desarrollados a lo largo de la historia de la humanidad conlleva la búsqueda de estrategias adecuadas que permitan el máximo de provecho y beneficio para un correcto aprendizaje por parte de los alumnos.

Se reflexiona a continuación sobre una propuesta de presentar los contenidos científicos que es a través de Modelos.

2.5 Modelos Científicos

El actual currículo nos dice que los contenidos de ciencia están estructurados con el objetivo de construir “visiones elementales de los grandes modelos de la ciencia útiles para conceptualizar la materia, la energía, los seres vivos en su medio y los cambios en el universo y la tierra” (currículo pp 83, traducción propia). Para conseguir este objetivo se trabaja a partir del análisis de situaciones significativas al alumno que a la vez permiten un tratamiento transversal de todos o la mayoría de los modelos interpretativos considerados facilitando así la comprensión y la búsqueda de soluciones y respuestas a los problemas planteados. Pero precisamente una pregunta común de nuestros tiempos, en el ámbito educativo es ¿Qué contenidos y modelos enseñar en la escuela? (ver por ejemplo, Sanmarti, 2002 y las referencias en él) La autora resume algunas de las causas por las cuales los alumnos no sienten ilusión por aprender ciencias, entre las cuales está la fragmentación de los contenidos distribuidos a lo largo del estudio y la poca relación que existe entre dichos contenidos y la propia experiencia con el mundo real. Ante esta dificultad, la búsqueda de una manera de conectar ciencia y mundo nos lleva a la idea de Transposición Didáctica (Chevallard, 1985, Izquierdo y otros, 1999), mediante la cual cualquier conocimiento científico “bruto” puede ser transformado en algo enseñable, o sea, apto para ser aprendido por cualquier sujeto no experto. Muchas de las transposiciones que actualmente se utilizan en la escuela mediante materiales didácticos tradicionales están planteadas desde hace muchos años y no han dado paso a una reformulación que las adecue a los tiempos actuales. Así mismo hay contenidos de la ciencia moderna que no han encontrado cabida en la ciencia escolar por la complejidad que supone una transposición didáctica adecuada; me refiero a conceptos o teorías en torno a la biotecnología, el caos, los nuevos materiales o las ondas electromagnéticas, por ejemplo.

La creación de las transposiciones didácticas adecuadas conlleva, como paso previo, la elección de las teorías científicas que se consideran necesarias de ser enseñadas sin perder de vista el contexto sociocultural ni el objetivo primordial de que ante todo no queremos formar científicos sino ciudadanos conocedores de su entorno. Sin embargo, en concordancia con lo planteado por Izquierdo (2008), una “teoría del

conocimiento escolar”, o sea una teoría sobre qué contenidos enseñar dentro de una A.C.E., se fundamenta en un concepto de transposición didáctica donde no sólo se adapten las ideas científicas a la clase, sino mas bien, que se pueda diseñar una ciencia propia de la clase. Desde este punto de vista debemos pensar en cómo reconstruir las teorías científicas conocidas de tal manera que pasen a ser contenido escolar, y una idea para lograrlo es recurrir al proceso de modelización.

Los modelos teóricos son diseñados para dar una interpretación del mundo que favorezca las explicaciones y así el correcto aprendizaje de la teoría. Estos modelos hacen uso de las analogías para ayudar al sujeto a imaginar el proceso que se está explicando. En concordancia con Chamizo (2010) consideramos que un modelo es una representación basada en analogías que se construyen contextualizando una parte del mundo con algún objetivo específico.

Otra idea sobre los modelos la podemos obtener de Izquierdo y otros (1999) quienes indican que un modelo es una representación mental que incluye fenómenos del mundo ejemplares o paradigmáticos que permiten actuar sobre el mundo. Deben ser evolutivos, cada vez más complejos a lo largo del proceso de aprendizaje y han de poder conectar con la experimentación para que cobren sentido. En cuanto a su presencia en el currículo deben ser pocos “para poder vertebrar de manera eficaz las numerosas informaciones que recibe el alumnado a lo largo de los años de escuela y en la vida cotidiana”.

En la epistemología, la noción de modelo científico ha estado desde siempre estrechamente ligada a la de teoría (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 1999) pero si pensamos en los modelos científicos dentro de una actividad científica escolar con las características que en apartados anteriores se mencionaban, estos deben incorporar aspectos experimentales y lingüísticos más cercanos al alumnado y sus modelos implícitos.

Rómulo Gallego (1996) hace también una reflexión en torno al concepto de modelo desde un punto de vista constructivista y epistémico indicándonos que el sujeto (aprendiz) crea unas suposiciones básicas acerca del funcionamiento del mundo que surgen de las interacciones en las que se halla inmerso. Es a partir de estas

suposiciones o creencias que el sujeto “elabora modelos que describen y dan cuenta del ámbito de estudio, organizando y sistematizando las representaciones en estructuras conceptuales, metodológicas, actitudinales y axiológicas, que son las que les posibilitan el ordenamiento del mismo para su intervención, control, transformación y dominio, de conformidad con el proyecto de construir un mundo para si, con miras a realizarse como ser humano en su contexto”.

Pensando en todo ello, se hace necesario entonces elaborar modelos que sean relevantes desde un punto de vista científico, pero también personal. Tal como indica Sanmarti (2002), algunas ideas sugieren escoger pocos modelos de ciencia escolar que engloben a su vez muchos fenómenos y hechos distintos, a la vez de que sean transversales, es decir, que su relevancia pase por la posibilidad de dar estructura a muchos otros contenidos y una explicación coherente a muchos fenómenos que hasta ahora no parecían tener nada en común.

En el siguiente apartado continuamos la reflexión en torno a los modelos teóricos necesarios para la enseñanza de las ciencias pero desde el punto de vista del contenido que nos interesa analizar: las ondas. Pensar en el concepto de onda como un modelo implica considerar los posibles contextos en los cuales desarrollar el tema, los intereses y conocimientos previos del alumnado, así como también la forma correcta de organizar y presentar los contenidos relacionados con el tema, con énfasis especial en sus aplicaciones, que será donde los alumnos pueden intervenir para que su conocimiento tome sentido práctico y, por lo tanto, pueda desarrollar competencias (Sanmartí, 2002).

2.5.1 Las ondas como un modelo científico explicativo

La elección del contenido de ondas para esta investigación responde, entre otras cosas, a la necesidad de buscar contenidos y modelos que encajen en el perfil de lo que se debería enseñar en la escuela bajo la mirada de la actividad científica escolar.

Si consideramos las ondas como un modelo científico más que como un concepto (aunque a veces ambas concepciones coexistan), podemos cuestionar el papel que se le ha dado dentro de la ciencia escolar por el hecho de que a pesar de su carácter

factual, su poder explicativo y el hecho de que es ampliamente generalizable y aplicable, nos encontramos con el problema de su significatividad para los alumnos. Este aspecto determina la trascendencia que el contenido tenga para ellos y cuán útil puedan llegar a considerar la ciencia en sí. Sin embargo la importancia y relevancia de las ondas como contenido es innegable, así como también la dificultad de su enseñanza por tratarse de algo tan real como abstracto, ya que además requiere la comprensión de otro modelo-concepto de características similares pero aún mas importante y general; la energía.

El modelo-concepto “energía” tiene la particularidad de su amplia transversalidad pudiendo ser abordado desde etapas escolares tempranas y desde variadas áreas de estudio, como por ejemplo, biología, química, geología, física, tecnología, entre otros. La posibilidad de estructurar el currículo de ciencias en base a modelos tan completos como éste permitiría comprender muchos fenómenos diversos, en contextos distintos, llegando a establecer relaciones entre ellos, contrario a lo que actualmente ocurre donde cada contenido es un “paquete” aislado de conocimientos.

Del mismo modo, este modelo puede ser visto desde diferentes y grandes aspectos como su transformación, conservación, degradación y transferencia. En torno a cada uno de ellos se puede construir un sub-modelo que explique el funcionamiento de una parte del mundo que queremos comprender por ejemplo el modelo de cambio químico, de ser vivo o un modelo de ondas.

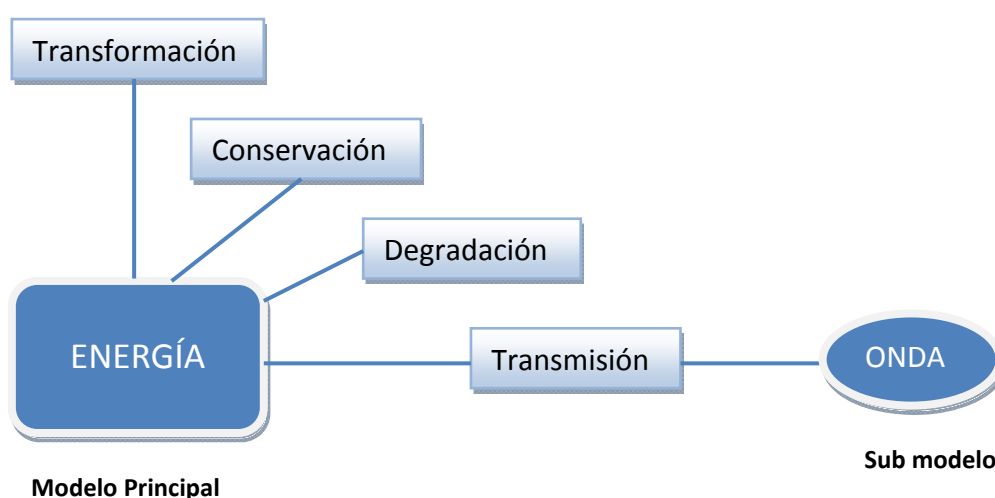


Ilustración 5. Ondas y Energía como modelos relacionados

Un adecuado aprendizaje de las ondas implicaría la comprensión de los fenómenos ondulatorios en relación directa con los procesos de transmisión de energía pudiendo el aprendiz ser capaz de hablar y pensar sobre otros hechos relacionados con el tema como lo es el sonido o la luz, por ejemplo, y cualquier fenómeno con ellos relacionado.

Pero la realidad es otra. Si preguntásemos a un alumno qué es una onda, su respuesta incluiría probablemente dibujos, esquemas o analogías a las olas del mar y difícilmente el término energía aparecería entre sus respuestas. Diversos estudios han abordado las concepciones que tienen los alumnos de diferentes niveles educativos sobre las ondas y otros fenómenos y contenidos relacionados a ellas (Welti, R. 2002; Maurines, L. 1992; Saura, O. y De Pro, A. (1999) entre otros) y los resultados no hacen más que reafirmar lo complicado que resulta para los alumnos aprender el contenido dada su complejidad. Comúnmente las ondas se asocian a objetos con características determinadas, sin embargo, tal como indica Ogborn y otros (1996) la descripción de las ondas abarca más cosas de las que aparenta, pero aunque son términos descriptivos generalizados también tiene fuerza explicativa.

Considerar las ondas como un modelo científico explicativo de la realidad (teniendo en cuenta su relación con el concepto-modelo de energía que en esta investigación no se abarca) implica que el alumno pueda construir entidades en torno a él, o sea, dar nuevo sentido a aquellos fenómenos que antes, sin saber 'científicamente' sobre las ondas, podía o al menos creía comprender. [Coincidiendo con Ogborn et al (1996)] Coincidiendo con el mismo autor el término "onda" no adquirirá sentido sólo a base de definiciones sino que se debe asegurar que dicha entidad tenga sentido para el alumno y que pueda participar de variadas explicaciones a diversas situaciones. En eso radica el potencial explicativo que tenga el modelo.

Es importante pensar en que cualquier teoría es una forma de mirar el mundo. De nosotros, profesores, investigadores, científicos..., depende establecer desde que 'ventana o perspectiva' queremos mirarlo. Esta es la premisa desde la cual nos posicionamos para indicar que las ondas, como modelo-concepto, albergan variadas teorías que nos permiten comprender el mundo que nos rodea. Es así como tenemos

leyes diversas para explicar diversos fenómenos ondulatorios como la reflexión, refracción o interferencia.

Para explicar cada uno de estos y otros fenómenos se deben escoger aquellas “maneras de mirar” el mundo que proporcionen más ocasiones de intervención interesante a los alumnos y dada la complejidad de la decisión es normal encontrarse con complicaciones como el hecho de que una sola transposición didáctica no facilita la explicación de todos los fenómenos a la vez. Surge entonces la necesidad de recurrir a otras representaciones (rayos, frente de onda...) que sean la base de nuevas interpretaciones, o como aquí llamaremos en adelante, nuevos Modelos Interpretativos de la realidad.

Los modelos interpretativos vienen a ser esa nueva “manera de mirar” la realidad haciendo uso de analogías cercanas al alumnado que le ayudan a imaginar el fenómeno en cuestión y a lograr construir una explicación coherente sobre lo que ahí ocurre.

Es así como nuestro modelo de ondas puede ser visto desde diferentes modelos interpretativos según la porción de mundo que se quiere estudiar. Esta nueva construcción teórica parece del todo lícita, si y solo si la conexión entre dichos modelos interpretativos queda bien establecida. De nada sirve buscar explicaciones aisladas para fenómenos que en el fondo tratan de lo mismo. Por eso es importante no perder de vista que la onda como modelo, y por tanto todas sus interpretaciones, no son más que una forma de ver fenómenos donde intervienen procesos de transmisión de energía. Podemos idear variadas transposiciones didácticas para entender el mundo pero esto no tendrá sentido alguno si no somos responsables, en su uso, en delimitar claramente la validez del modelo y en esclarecer la idea de que utilizar analogías no es más que un recurso que facilita la representación de lo que queremos ver, pero que no es el mundo en sí.

Teniendo en cuenta las actuales dificultades que la enseñanza de las ondas representa, la posibilidad de recurrir a otros recursos y métodos, como lo son en nuestro contexto las herramientas digitales, puede favorecer de manera importante la forma como los alumnos aprenden y construyen significados en torno al contenido. Es

aquí donde está el real desafío de qué fenómenos, experiencias e ideas podemos llegar a transmitir a los alumnos a través de un libro digital en comparación con lo que hasta ahora podíamos hacer con uno tradicional.

A continuación se reflexiona sobre el rol que cumple el libro de texto como recurso didáctico que plasma el conocimiento científico a enseñar.

2.6 Libros de texto

El libro de texto es el objeto de estudio en esta investigación. Destaca su rol en la participación como apoyo importante del proceso de enseñanza-aprendizaje de alumnos de todo el mundo, en prácticamente todas las asignaturas y a través de varias generaciones. Su importancia es indiscutible y a través de este apartado se presentan ideas sobre sus principales características que nos ayudaran más adelante a entender que se dice de las Ondas entre sus páginas.

Las características que del libro de texto nos interesa conocer proceden de tres dimensiones diferentes, pero a su vez relacionadas, en consecuencia con los objetivos planteados; la retórica, la semiótica y el contenido científico. A continuación las principales ideas teóricas en torno a ellas, que nos servirán de orientación.

2.6.1 Estructuras retóricas de los textos

El término “Retórica” ha sido, desde la antigüedad, indicio del ‘buen uso de la lengua’, sin embargo actualmente, se considera que se ocupa “de la manipulación consciente, perseverante, para conseguir sus fines” (Van Dijk, 1992). Si situamos esta idea dentro de nuestro contexto escolar, encontramos que el término apunta a cómo el profesor, o un libro de texto, “intenta convencer a los alumnos de que todo aquello que se explica en la clase de ciencias se ajusta al comportamiento del mundo y permite explicar su funcionamiento” (Izquierdo, 2005 a). En palabras de la misma autora, “una buena retórica” desde la perspectiva de la didáctica de las ciencias actual será la que contribuya a desarrollar relaciones de coherencia entre el conocimiento (lo que se piensa), la intervención en los fenómenos (lo que se hace) y el lenguaje (lo que se

dice), porque contribuye a mostrar que se puede intervenir en los fenómenos del mundo de tal manera que se pueda pensar y hablar sobre ellos.”

Es así como un libro de texto utiliza ciertas estrategias retóricas para presentar los fenómenos, teorías y conceptos de manera clara para los lectores (alumnos). Dichas estrategias retóricas caracterizan las llamadas “narrativas experimentales” (Izquierdo, 2005 a; Rivera, 2011), que corresponden a las historias sobre el mundo que pretenden ser contadas a través del texto. Son las que finalmente conectan la ciencia de los científicos con la realidad y los fenómenos que se quieren mostrar al alumno.

Pero *“la retórica no sólo se ocupa de estructuras específicas en el ámbito de las oraciones o series de oraciones, sino también de la estructura textual global”* (Van Dijk, 1992), por eso los libros de texto deben ser analizados desde una perspectiva general integrando cada elemento que contenga. Según el mismo autor, el formato del texto (su ‘pragmática’) ya es, por el mismo, retórico.

Por lo general, las estrategias retóricas están implícitas en el texto y por eso se hace necesario elaborar categorías que nos permitan descifrarlas. En el próximo Capítulo, Marco Metodológico, se explican cuales son estas características que nos dan una idea de la intención comunicativa del autor y del mensaje que quiere transmitir para convencer sobre la ciencia y sus entidades teóricas.

2.6.2 Dimensión semiótica de los libros

Un segundo aspecto de interés para nuestra investigación, es el carácter semiótico que tienen los libros de texto por considerarles un conjunto de signos en sus diversas formas.

El origen de lo que actualmente se considera que abarca la semiótica, lo encontramos en Saussure (1945) quien postuló la relación existente entre un signo que expresa las ideas (concepto, significado) de un emisor y un significante a quien se les comunica. En palabras del autor la teoría del signo es una “entidad psíquica de dos caras” donde se relaciona un significado con un significante.

En nuestro apartado sobre *‘Lenguaje y Semiótica social’* consideramos la semiótica como el “estudio de todos los sistemas de signos y símbolos (incluyendo

gestos, imágenes, etc) y de cómo éstos son empleados para comunicar y expresar significados” a partir de las ideas propuestas por Lemke (1997). De este modo consideramos como base la semiótica desde el punto de vista de cómo los signos son utilizados para construir significados dentro de un contexto cultural específico (en nuestro caso, la ciencia escolar), y que abarca las ideas más tradicionales de una semiótica formal (Eco 1974, 1976) y de la lingüística original (Saussure, 1959)

Es de nuestro interés considerar al libro de texto como un conjunto de signos que interactúan entre ellos para dar sentido a las ideas que quiere expresar. Estos signos corresponden a diferentes maneras de representar lo que quiere ser representado, como por ejemplo, la definición de qué es una onda a través de frases, imágenes o actividades. Con esto enfatizo en la idea de que el signo no es el objeto o el hecho en sí mismo, es sólo una representación de él que depende del contexto y de la mente de quien lo interpreta, aunque en esta investigación no profundizamos en procesos cognitivos de los lectores.

También resulta interesante tener en cuenta la relación tripartita propuesta por Morris (1962) entre el signo, el referente y el sujeto significante, según la cuál la semiótica tiene una dimensión:

1. Pragmática, que considera la relación entre los signos y sus intérpretes o usuarios. Desde nuestro punto de vista, este aspecto se relaciona con el carácter retórico de los textos.
2. Semántica, que se refiere a las relaciones entre los signos y los referentes. En nuestro caso sería la relación entre los signos, y los hechos y conceptos, que los libros incorporan.
3. Sintáctica, que se preocupa exclusivamente de las relaciones que establecen los signos entre sí dentro de un sistema de signos, como lo es en nuestro caso el libro de texto.

Estas tres dimensiones semióticas nos ofrecen una manera interesante de mirar el libro de texto y de relacionar a la vez lo que en el siguiente capítulo consideraremos elementos retóricos y semióticos de los libros de texto.

2.6.3 Las ondas, como contenido, en los libros de física de secundaria

Es habitual encontrar en los libros de texto explicaciones que indican que una onda es la propagación de una vibración; o en términos similares, es producto del desplazamiento de una perturbación. Sin embargo lo que a menudo no se tiene en cuenta es que sea cual sea la definición que podamos dar, lo claro es que atiende a una entidad dinámica, no estática. Se dan a la vez cambios en el espacio y el tiempo lo cual dificulta su explicación y representación.

Precisamente, respecto a la forma de representar una onda, se recurre a la técnica de ‘congelamiento’. Se acostumbra visualizar una onda como si pudiésemos detener el tiempo y fotografiar lo que está ocurriendo en un instante o punto determinado del espacio.

Si la pregunta a nuestros alumnos fuera ¿Cuál de las siguientes imágenes corresponde a una onda? (ver ilustración 6), seguramente la respuesta sería “Ambas”, ya que es común asociarle este tipo de gráficas, sin embargo en ambos casos, lo que se ve no es una onda sino la representación de una o varias oscilaciones sucesivas. Veamos los siguientes ejemplos:

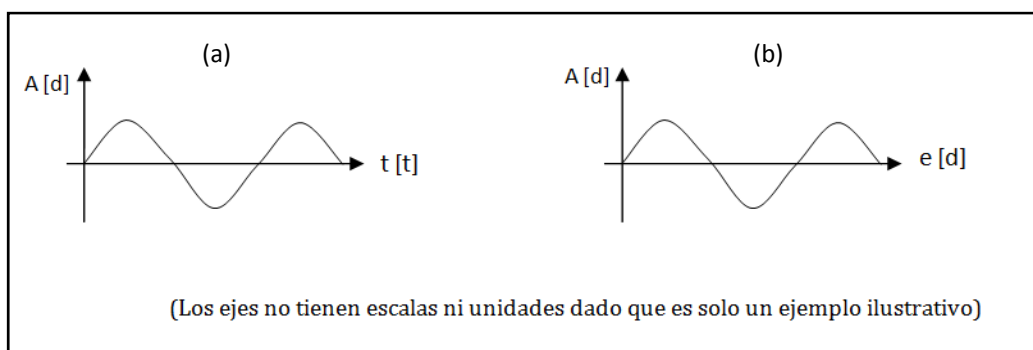


Ilustración 6. Representación gráfica de una onda sinusoidal en 2 dimensiones (a) que se propaga a través del tiempo y (b) que se propaga a través del espacio

La Ilustración 6 (a) nos muestra sucesivas oscilaciones a medida que transcurre el tiempo. La gráfica se obtendría observando un punto determinado del medio perturbado a medida que el tiempo avanza. Esta representación permite incorporar el

concepto de período (T) que corresponde al tiempo transcurrido entre dos oscilaciones consecutivas.

De la misma manera la ilustración 6 (b) corresponde a sucesivas oscilaciones que en un instante determinado se están propagando por el espacio, perturbándolo. Esta representación permite incorporar el concepto de longitud de onda que corresponde a la distancia (o 'cantidad de espacio') que hay entre dos puntos del medio perturbado que se comportan de la misma manera en ese instante determinado.

Ambas visualizaciones resultan prácticamente iguales y por lo mismo es extremadamente difícil comprender la diferencia entre ambas situaciones si conceptualmente no está claro el fenómeno del cual hablamos; en este caso, la propagación de energía a través del espacio a medida que transcurre el tiempo.

La idea de presentar este breve análisis es clarificar lo difícil que resulta poder transformar una idea que parece muy sencilla en conocimiento científicamente aceptado. La explicación de "qué es una onda" lleva consigo variadas representaciones y relaciones complejas pero a la vez imprescindibles, las cuales no se pueden dejar pasar si el objetivo es la elaboración y comprensión de un modelo explicativo coherente con los fenómenos que observamos y percibimos a nuestro alrededor.

Precisamente la explicación a estos fenómenos en muchas ocasiones no es satisfactoria dado que "las ondas como entidades científicas son muy difíciles de crear para los alumnos por ser invisibles e intangibles, [...] o abstractas como las gráficas sinusoidales" (Ogborn et al, 1996). Además en palabras de los mismos autores, "Un fenómeno no parece necesitar ninguna explicación si uno no sabe que podría explicarse". Este es el caso de cuando preguntamos a los alumnos cosas como ¿por qué podemos mirarnos en un espejo?, ¿cómo se forma el arcoíris? o ¿porqué se percibe diferente el sonido de la sirena de una ambulancia cuando pasa frente a nosotros?, difícilmente obtendríamos una respuesta que incorporase a las ondas como base dado que para el sujeto no tendría sentido alguno la pregunta si no sabía que estos fenómenos constituyeran algo digno de explicarse. Para ellos las cosas son como son, tal como las ven y ocurren porque el mundo está hecho de una determinada manera.

Todo lo anterior reafirma la idea de que los conocimientos científicos deben transformarse para hacerlos accesibles a los alumnos, teniendo en cuenta que los sucesos que ocurren en el mundo y los cambios que sufre la sociedad continuamente van originando nuevas necesidades y prioridades que desde el sistema educativo se deben cubrir. Para esto, el libro de texto, independiente de su formato, resulta ser una herramienta fundamental considerando la amplia gama que de ellos podemos encontrar, la cantidad que se edita año a año y la gran difusión que tienen. Tal como Ogborn et al (1996) indican, “una manera de transformar los conocimientos consiste en convertirlos en una narración. Los relatos [...] pueden actuar como eficaces <<transformadores de significados>>”

2.6.4 Del Libro tradicional al digital

En los últimos años las nuevas tecnologías han hecho aparición en nuestras aulas provocando un interés creciente entre alumnos y docentes por las múltiples aplicaciones que ofrece. Desde la búsqueda de información a través de internet hasta la posibilidad de recrear fenómenos naturales difíciles de visualizar en la realidad, todo parece ser ventajas desde un punto de vista pedagógico. Variadas son las investigaciones que hacen alusión a la versatilidad de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el aula coincidiendo en su potencialidad, variadas ventajas así como también en las dificultades que su implementación significa.

Hace unos años la principal problemática en torno a las TIC y su implementación radicaba en la pobre infraestructura que poseían las escuelas en cuanto a equipamientos informáticos, pero en los últimos años, tal como resume Manuel Area (2008), dicha problemática se afrontó a través de diversas políticas y proyectos a nivel Europeo destinadas a dotar a los centros educativos del material necesario para un correcto uso de las TIC en las aulas. A partir de ahí, y pensando en la situación actual, la problemática que ahora preocupa, en palabras del autor, es la innovación del modelo de enseñanza desarrollado por el profesorado con las TIC en el aula. En otras palabras: las escuelas ya tienen acceso a las TIC, entonces ¿qué hacemos ahora con ellas? Este es el reto actual.

El uso de las TIC en el aula comenzó de manera tímida cuando los profesores incorporaron a sus clases el uso de presentaciones en “power point”, por ejemplo, para tratar ciertos contenidos y que pudieran ser proyectadas desde un ordenador, a través de un ‘cañón’, hasta el pizarrón, telón o cualquier pared del aula. Esto facilitó que la clase adquiriera un dinamismo diferente ya que en una misma clase se podían ver videos, oír grabaciones, leer texto y mirar imágenes, cosa que anteriormente requería que los alumnos se trasladasen a diferentes espacios dentro de la escuela, encasillando la clase a una sola metodología. Posteriormente los alumnos también tuvieron acceso a estos recursos y pudieron adquirir un rol de mayor participación dentro de la clase a través de la navegación por internet para buscar información “in situ” o la posibilidad de realizar sus propias presentaciones en formato digital y presentarlas de manera más dinámica al resto de la clase.

La 'responsabilidad' que durante décadas ha recaído sobre el libro de texto es grande. Resulta ser el material didáctico primordial que sirve de apoyo para la estructuración de la clase, para consultas bibliográficas, para preparación de exámenes, resolución de problemas, etc, tanto para el alumno como para el docente. Sin embargo dentro de tanta responsabilidad parece evidente que existan ciertos detalles en ellos que nos hagan plantearnos la necesidad constante de reformularlos, reescribirlos y adecuarlos a las exigencias de la educación actual. Sólo por mencionar ciertos casos, uno de los grandes problemas a los que tanto editores como autores se deben enfrentar en la elaboración de un libro de texto, es la gran cantidad de contenidos que deben resumir en un número limitado de páginas y que además dicho contenido sea complementado con imágenes afines, problemas para resolver, y/o actividades prácticas que ayuden a profundizar en dichos contenidos. Muchas veces, a partir de la amplia oferta de libros disponibles en el mercado nos encontramos frente a la dificultad de tener que escoger un libro de ciertas características y que no siempre puede ser el idóneo para el tipo de trabajo que deseamos realizar en la escuela. ¿Decir algo sobre condicionantes de mercado que interfieren en los aspectos didácticos?

La creación de libros digitales y su incorporación al aula no se puede asumir como la solución definitiva a las dificultades que los materiales didácticos tradicionales suponían en el tratamiento de ciertos contenidos (como las limitadas posibilidades de

trabajo que con ellos se podía realizar, o la extensión y profundización de los contenidos, antes mencionado) ; sin embargo, se considera un avance importante en cuanto a innovación didáctica y una manera aparentemente efectiva de que el trabajo del aula se adecue a la realidad de la sociedad actual, una sociedad informatizada, donde prácticamente todo se puede hacer o resolver con ayuda de un ordenador. Este acercamiento de las TIC al aula (o al revés), y puntualmente a las clases de ciencia, supone una nueva manera de acercar la ciencia al alumno y provocar así una mayor motivación por su estudio.

No obstante y coincidiendo con Pintò, R. (et al., 2008), el uso de herramientas informáticas en clases no implica que los alumnos aprenderán automáticamente sólo por utilizarlas, hay que saber hacerlo y explotar todo su potencial; “No se puede asumir que la simple introducción de las TIC en las aulas necesariamente transformará la didáctica de las ciencias”, pero personalmente confío en que usadas de la manera adecuada ayudarán muchísimo a mejorarla.

En el mismo trabajo las autoras antes citadas mencionan que la potencialidad de las TIC radica en su naturaleza dinámica e interactiva lo cual puede propiciar el aprendizaje de los alumnos a través de la fácil visualización de fenómenos y procesos que, precisamente, con los métodos tradicionales eran difíciles de explicar.

Cierto es que mas allá de los resultados, el uso de las TIC despiertan el interés y la motivación tanto en los alumnos (Deaney et al., 2003; Karsenti y Lira-Gonzales, 2011) como en los profesores que ven en ellos nuevas posibilidades a pesar de las dificultades en su implementación (Pintó, 2007; Hammond, 2001; Cox, 1999)

Volvamos la mirada nuevamente en el contenido de interés para esta investigación: Las Ondas. Como anteriormente se ha planteado, la elección de este contenido por sobre de otros ha sido la dificultad real que su enseñanza representa por ser un contenido abstracto pero presente a nuestro alrededor e imprescindible de aprender para comprender muchos fenómenos cotidianos así como también el funcionamiento de aparatos tecnológicos comunes y presentes en nuestra vida.

Pensemos por ejemplo en la dificultad que significa para un alumno de secundaria comprender qué es la Luz. Si hablamos de comportamiento dual, de ondas

electromagnéticas o de fotones, ¿qué será realmente lo que el alumno comprenderá de todo esto? ¿Cómo podemos mostrar a través de un papel que es una onda electromagnética? Otros temas tan importantes y comunes como son el láser o la formación del arco iris suelen hacerse a un lado por la dificultad que supone su explicación y visualización, y es que en casos como éstos las palabras pueden no bastar para elaborar un modelo conceptual explicativo; se requiere de la visualización o experimentación para ir un poco más allá. Decir o leer que una onda es la propagación de una vibración es probablemente insuficiente como para trasladar dicha idea a lo que es el sonido: por ejemplo, si decimos luego que también es una onda. Entonces resulta importante, por no decir fundamental, el uso de representaciones visuales como dibujos, esquemas y diagramas para entender algo más sobre esa primera idea. Pero cuando dicha visualización queda limitada a una imagen estática y bidimensional de algo que realmente es dinámico y tridimensional pueden no ser las adecuadas. Aquí surge la necesidad de recurrir a herramientas digitales que permiten mejorar dichas visualizaciones y reemplazar el simple dibujo con un video o una animación donde no sólo se puede observar algún fenómeno particular, sino también manipularlo.

Los libros digitales presentan una ventaja por sobre los tradicionales del papel al poder sustituir una imagen por una animación, una explicación por un video, una propuesta experimental por la posibilidad de realizar a través de internet un experimento remoto, etc... El libro digital no debería reducirse a la simple digitalización del texto escrito a un formato online, sino más bien debería representar la posibilidad de trasladar lo que durante décadas ha estado plasmado en un papel a otra dimensión, una dimensión que ofrece dinamismo para el lector y variedad de recursos complementarios que amplían los alcances de cualquier texto.

Más allá del contenido, los libros digitales también significan un potencial para el desarrollo de habilidades en torno a la comunicación y producción del conocimiento, y la interacción social. Los actuales libros digitales comercializados vienen acompañados de una plataforma virtual disponible para aquellos docentes y aquellas escuelas que hayan decidido “comprar” la licencia de un determinado libro. Estas plataformas digitales son espacios webs creados por las editoriales para facilitar el intercambio de información entre profesores y alumnos, así como también entre los alumnos de una o

varias escuelas. Aunque los alcances de estas plataformas escapan de los límites de nuestra investigación, es interesante reconocer y por ende mencionar que el libro digital apoyado en estas plataformas pueden fomentar el desarrollo de nuevas habilidades a través de actividades como las que Manuel Area (2008) menciona, de las cuales destacamos las observadas en las plataformas digitales que actualmente se comercializan.

| Habilidad | Actividad | Recurso Digital |
|---|--|---|
| Búsqueda y comprensión de información | Acceder y consultar bases de datos documentales Realizar entrevistas on line a sujetos informantes | Sitios web de consulta, especializados (wikipedia, diccionarios, sitios oficiales de instituciones) Correo electrónico |
| Producción personal y difusión pública del conocimiento | Biblioteca con documentos digitales Publicar y difundir trabajos propios a través de internet Redactar trabajos personales y/o cualquier otro tipo de texto | Listado de enlaces webs Blogs Procesadores de texto |
| Comunicación e interacción social | Mantener correspondencia escolar entre aulas Comunicar noticias al alumnado en un aula virtual Envíos de trabajos al profesor Desarrollar trabajos y proyectos colaborativos Intercambio de información y mensajes | Correo electrónico, foros virtuales Tablón virtual Transferencia de ficheros en aulas virtuales o como fichero adjunto en correo electrónico Foros, correo electrónico, aulas virtuales. Foros, correo electrónico, aulas virtuales |

Tabla 1: Habilidades y actividades a desarrollara través de libros digitales y sus respectivas plataformas online.

La variedad de actividades que se puedan realizar y con ello el grado de innovación metodológica que se consiga, depende directamente de la preparación y motivación del profesorado para incorporar las TIC a la planificación de la clase. Un uso adecuado puede generar una enseñanza más activa y participativa.

En este sentido vemos en el libro de texto digital una posibilidad real de innovación para el aprendizaje de las ciencias desde dos puntos de vista. Por una parte desde el punto de vista del contenido, el LD puede abarcar mayor cantidad de información organizada de manera tal que su revisión sea fácil de realizar. Y desde un punto de vista semiótico, el LD puede incorporar mayor diversidad de recursos entre sus páginas para presentar los contenidos, no limitándose solo a las palabras, imágenes y preguntas, sino también, incorporando videos, animaciones, simulaciones, enlaces webs, laboratorios virtuales, gráficas 3D, sonidos, entre otros.

Adecuarse a los nuevos tiempos y aceptar el desafío que el trabajo con este nuevo material implica es hoy en día una necesidad para que los jóvenes puedan desenvolverse sin problemas dentro de la nueva sociedad. (Moyá, A. 2008)

En el siguiente capítulo concretamos las ideas aquí expuestas y que constituyen una base para construir el proceso metodológico que a continuación se presenta.

Capítulo 3

METODOLOGÍA

Tal como se ha venido indicando hasta ahora, la investigación se basa en un análisis semiótico, retórico y de contenido para un tema específico dentro de la enseñanza de las ciencias y puntualmente dentro de la asignatura de física, lo que nos permite poder describir el discurso provocado en torno a él así como sus características en profundidad. Tanto la búsqueda de datos como la construcción de los instrumentos están orientadas hacia la posibilidad de obtener información en torno a las tres dimensiones mencionadas y a las relaciones entre ellas.



Ilustración 7. Áreas de estudio que orientan la metodología

En este capítulo se expone el marco que justifica la elección de los objetos de estudio y la recogida de los datos reunidos, así como los instrumentos de análisis que harán posible la interpretación posterior.

3.1 Ideas sobre la investigación Cualitativa como base

Las bases de lo que hoy conocemos como investigación cualitativa las encontramos en la construcción teórica fundamentada elaborada por dos sociólogos,

Barney Glaser y Anselm Strauss (Strauss y Corbin, 2002, y las referencias en él) que unificaron sus ideas y contribuciones sobre como investigar.

En palabras de los mismos autores citados, se entiende por *Investigación Cualitativa* “cualquier tipo de investigación que produce hallazgos a los que no se llega por medio de procedimientos estadísticos u otros medios de cuantificación”.

En nuestro caso, los resultados obtenidos surgen directamente de la relación existente entre los datos, el análisis y la teoría didáctica que fundamenta la investigación.

3.1.1 Posicionamiento

El trabajo realizado constituye un análisis de textos enfocado hacia la realización de una comparativa entre materiales didácticos de diferentes formatos.

La mayoría de las categorías a utilizar surgen del análisis realizado y toman sentido con la interpretación conjunta de los datos a través de un segundo análisis de tipo narrativo, siguiendo las ideas planteadas por Bolívar (2002).

Los fines de la investigación, correspondiente con un paradigma interpretativo, son exploratorios, porque servirá como punto de partida para otras investigaciones y explicativos, porque desarrollan inductivamente categorías conceptuales.

3.2 Marco que justifica la elección de los datos

La investigación se centra en el análisis de un tema en particular (las ondas) en algunos libros de texto fijando la mirada en sus características narrativas (retóricas) teniendo como referencia lo que el currículo de ciencias para secundaria nos dice sobre lo que se debería enseñar y cómo hacerlo (contenido de ciencia escolar) y cómo todo ello da lugar a las entidades que aparecen en el texto para que los alumnos construyan el conocimiento científico adecuado sobre este tema.

Es en el libro de texto donde se plasman los contenidos propuestos por el currículo actuando normalmente como un mediador entre el alumno, el profesor y el

tema científico en cuestión. Los hechos aparecen en los libros narrados por medio de una historia, una interpretación de los hechos que hace el autor y sobre la cual influyen otros factores como el contexto histórico o las exigencias del mercado editorial, en el que se presenta el consenso de un saber, que debe enseñarse. En este sentido considero al libro como un objeto cultural que, si se usa irreflexivamente, se puede correr el peligro de que lo que hay en el texto parezca ser los hechos mismos y no una interpretación de ellos (Izquierdo, M, 2005b. y Martin, I., 2002 entre otros).

Estas historias por medio de las que se narran los fenómenos son lo que llamábamos en el apartado anterior, “narrativas experimentales” y se construyen bajo la influencia del entorno en la que juega un papel la intención comunicativa del autor. Esta intención comunicativa puede reflejarse en la forma como el autor constituye la narrativa, es decir los ejemplos que usa, las figuras que pone y en donde las pone, el tono en el que se dirige al lector y el papel que consigna para él, así como el papel que asigna a la ciencia y por lo tanto la idea que tiene sobre cómo se debe enseñar.

A continuación se presentan por una parte el detalle de cómo se presenta el contenido de ondas en el currículo oficial de la E.S.O. y que es nuestro punto de partida para decidir qué libros analizar y qué capítulos revisar. Una vez visto el panorama educativo con claridad se define qué elementos analizaremos en cada libro escogido que nos permitirán identificar las estrategias retóricas propias de la ‘narrativa’ que caracteriza un libro de texto y los “Elementos Semióticos”, que son los medios que utilizan autores y editoriales para plasmar los contenidos escogidos en ellos, que deberían ser a la vez teóricos y experimentales.

3.2.1 Las ondas, como contenido científico en el currículo oficial de ciencias y en los libros de texto

Como ya se ha indicado con anterioridad, para centrar la revisión de los libros de texto se ha recurrido al currículo oficial de ciencias para ver la distribución de los contenidos en torno a las ondas a través de los cuatro niveles de secundaria. Esta mirada al currículo nos permite enriquecer el análisis posterior pudiendo obtener una

referencia entre los contenidos propuestos por el plan de estudio y los incluidos en los libros de texto analizados.

La revisión del currículo cobra importancia si concordamos con García, M. (2007) en que los resultados obtenidos en evaluaciones como el proyecto PISA (2003) y la secuenciación de los contenidos en los textos escolares, permiten cuestionar la validez y adecuación de las propuestas curriculares tradicionales en la persecución de sus objetivos.

La siguiente tabla (tabla 2) resume los contenidos relacionados con el tema de ondas presentes en cada curso y en sus respectivas unidades de estudio. En términos generales se observa una clara distinción entre aquellos contenidos que tratan el tema de ondas y sus fenómenos directamente y aquellos que tratan temas donde se podría hablar de las ondas o contenidos relacionados como la luz o el sonido.

Es posible ver como en el primer curso aparece el uso de instrumentos adecuados para la observación astronómica cuando se estudia el universo, y para observar seres vivos microscópicos cuando se estudia la vida en la Tierra. Esto permite desarrollar la descripción científica, comparación de datos y observaciones, planteamiento de preguntas y comunicación de ideas a través de un lenguaje científico escolar adecuado. Sin embargo el trabajo con dichos instrumentos se limita sólo a su uso y no hay una comprensión o descripción exhaustiva sobre su funcionamiento. Tal vez una buena manera de complementar el uso de tales instrumentos sería el dar la posibilidad de que los alumnos se cuestionen sobre el por qué podemos ver de cerca los cuerpos celestes tan lejanos, o cómo podemos observar en detalle aquellas cosas tan pequeñas o imperceptibles al ojo humano desnudo. Fomentar la investigación en torno a este tipo de cuestiones podría introducir algunas concepciones sobre los espejos, las lentes y la importancia de la óptica en nuestros días de la mano del conocimiento sobre las ondas y el comportamiento de la luz. Esta idea permitiría la introducción en este nivel de un modelo geométrico que permita explicar las observaciones realizadas así como también una descripción y discusión cualitativa de carácter introductorio sobre que es la luz, su propagación y su relación con lo que realmente llegamos a ver.

Tabla 2. Distribución de los contenidos del currículo relacionados con las ondas a lo largo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria

| Curso Unidad | 1º | 2º | 3º | 4º (optativo de física) |
|-----------------------------|---|----|----|-------------------------|
| 1. La Tierra en el universo | 1.1 Uso del telescopio | | | |
| 2. La vida en la Tierra | 2.1 Utilización de la lupa y el microscopio óptico para la observación y descripción de microorganismos, plantas y animales | | | |

| | | | | |
|-----------------------------|--|--|--|---|
| <p>3. La energía</p> | | <p>3.1 Reconocimiento de la transferencia de energía mediante la luz y el sonido.</p> <p>3.2 Experimentación de las propiedades de la propagación de la luz y el sonido.</p> <p>3.3 Interpretación de aplicaciones en la vida cotidiana.</p> | | |
| <p>4. Las ondas</p> | | | | <p>4.1 Caracterización de las ondas según amplitud, frecuencia, período y longitud.</p> <p>4.2 Reconocimiento de la posibilidad de propagación de ondas mecánicas en sólidos, líquidos y gases.</p> <p>4.3 Análisis experimental de ondas estacionarias y de la resonancia.</p> <p>4.4 Reconocimiento del sonido y las ondas sonoras.</p> <p>4.5 Identificación de fenómenos relacionados con la reflexión de sonido.</p> |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | <p>4.6 Análisis de la generación de sonidos en instrumentos musicales</p> <p>4.7 Descripción de características del oído y justificación de medidas saludables para escuchar música.</p> <p>4.8 Interpretación de la reflexión y refracción de la luz mediante el modelo de rayos y justificación del funcionamiento de diversos aparatos ópticos y del ojo humano.</p> <p>4.9 Interpretación de la polarización, la dispersión cromática, los colores, las interferencias mediante el modelo ondulatorio.</p> <p>4.10 Establecimiento de relaciones con el espectro electromagnético, las propiedades de los diversos tipos de ondas electromagnéticas y sus aplicaciones</p> <p>4.11 Búsqueda de información sobre alguna de las aplicaciones de las ondas electromagnéticas, analizando las medidas de seguridad implicadas y comunicando las conclusiones con diferentes soportes.</p> |
|--|--|--|--|--|

Ya en el segundo curso aparecen las ondas relacionadas con el concepto de energía, que a su vez es uno de los grandes temas considerados estructurantes en la enseñanza de las ciencias actual. Identificar que las ondas en su diversidad constituyen un método de transmisión de energía que no implica el transporte de materia, permite la interpretación de algunos fenómenos naturales como lo son las olas del mar o la resonancia, por ejemplo. Sin embargo la problemática surge cuando inevitablemente aparece un paralelismo entre sonido y luz. La manera de interpretar las propiedades y fenómenos relacionados con el sonido distan bastante de la utilizada con la luz debido al uso de diferentes modelos explicativos. Los fenómenos relacionados con el sonido se suelen explicar a través de un modelo mecánico donde la onda es el resultado de una vibración que se trasmite dando origen a sucesivas perturbaciones producto del traspaso de energía entre las unidades básicas del medio de propagación (llamadas átomos o moléculas indistintamente). Esta manera de visualizar por ejemplo, la absorción del sonido, no sirve cuando se quiere explicar la formación de imágenes donde hacemos uso de un modelo geométrico para explicar los fenómenos como la reflexión o refracción sin hacer énfasis en el proceso de transmisión de energía que dicho fenómeno conlleva. Si a esto agregamos el hecho de que para describir las características de las ondas (período, frecuencia, etc...) recurrimos a representaciones gráficas de una “onda clásica sinusoidal”, pareciera ser que estamos hablando de tres cosas diferentes o tres tipos de onda diferentes, y por supuesto desconectadas entre sí. Precisamente la idea de que las ondas sean vistas como un modelo de transmisión de la energía responde a concebirlo como una estructura conceptual que permite la interconexión entre hechos aparentemente aislados e independientes unos de otros, en concordancia con lo que expresa Gallego (2004) en su búsqueda de una concepción epistemológica de modelo.

Hasta aquí la idea de “interpretar aplicaciones de la vida cotidiana” parece una tarea difícil si se considera el nivel de conocimiento sobre el tema. Pensemos por un momento a que aplicaciones de la vida cotidiana se puede referir el currículo teniendo en cuenta lo que alumno sabe hasta ahora sobre las ondas. El funcionamiento del telescopio, del microscopio y algún otro instrumento óptico menos común. El sonar, los exámenes de ultrasonido y las ecografías... pero ¿es realmente esto tan “cotidiano”

para el alumno?, acaso ¿no lo es más el uso de los mandos a distancia para cambiar la televisión? por ejemplo, ¿o los controles para videojuegos, las proyecciones en tres dimensiones del cine y el uso de un microondas? Teniendo esto en cuenta, surge la pregunta inevitable que es ¿puede el alumno con lo que ha aprendido hasta este punto interpretar lo que para él es realmente una aplicación en su vida cotidiana?...

La posibilidad de construir conocimiento sobre las ondas a lo largo de toda la E.S.O. se ve interrumpida en el tercer curso donde no hay alusión alguna al tema en ninguna de sus unidades.

Finalmente, en el cuarto curso de secundaria, la asignatura de física es optativa. Los alumnos en este nivel no estudian ciencias a no ser que escojan tres de las siguientes opciones:

- Biología y Geología.
- Física y Química.
- Educación Plástica y Visual.
- Latín
- Música.
- Tecnología.
- Segunda lengua extranjera.
- Informática

Este hecho implica dos cosas. Por una parte quienes opten a estudiar la asignatura de física y química tendrán la posibilidad de complementar su aprendizaje con nuevos contenidos y profundizar aquellos contenidos ya vistos en los cursos anteriores con mayor detalle, como es el caso de las ondas, donde es en este nivel que su estudio cobra más fuerza y abarca mayor cantidad de contenidos. Pero por otra parte se debe tener en consideración que quienes no opten por tal asignatura han dado por acabada su formación científica en nuestra área y sus conocimientos sobre la física habrán quedado reducidos a lo que hayan podido aprender en los primeros cursos de secundaria. Cada una de estas situaciones merece una discusión.

Si observamos la tabla 2 podemos ver que los contenidos que sobre las ondas ha aprendido un alumno, que en cuarto curso no prosigue el estudio de la física, son

bastante limitados y no bastan para dar una imagen general sobre el tema. Al finalizar el segundo curso los alumnos pueden haber aprendido (en el mejor de los casos) que la luz y el sonido son tipos de ondas y que a su vez se interpretan como un tipo de transmisión de energía. Que las ondas como tal tienen propiedades y que su estudio permite comprender el funcionamiento de instrumentos científicos como el telescopio o microscopio. Pero ¿es esto suficiente como para dar sentido a fenómenos naturales o entender otro tipo de aplicaciones?, ¿basta con este conocimiento para que el alumno pueda cuestionarse situaciones, plantear problemáticas y buscar solución a problemas reales de su vida cotidiana? Tal como están distribuidos los contenidos en torno a las ondas a lo largo de toda la E.S.O. se puede ver que la mayor parte de los contenidos, alguno de ellos básicos y fundamentales están en el curso optativo de física en el cuarto curso. Como decíamos anteriormente, los estudiantes que optan por cursar la asignatura de física y química en cuarto de E.S.O. tienen la posibilidad de proseguir sus estudios sobre las ondas además de otros contenidos.... Observando la tabla 1 se puede apreciar la gran extensión del capítulo denominado “Las ondas” y la gran cantidad de contenido que abarca comparado con los cursos previos. Surgen contenidos más específicos como es el estudio de las ondas estacionarias, las ondas electromagnéticas y fenómenos que hasta ahora no se habían tratado como lo son la interferencia, dispersión y polarización.

Hasta aquí estamos en conocimiento de cómo se ha distribuido el contenido de ondas en la E.S.O. y por lo tanto estamos en posición de decidir que los libros a analizar deben ser de 2º y 4º curso dado que incluirán el tema en cuestión directamente.

Pero entonces, ¿qué miraremos en los libros? Los diferentes capítulos a analizar, como en todo libro, tendrán características comunes como lo es el hecho de que en mayor o menor medida incluirán imágenes, preguntas y diversas actividades prácticas acompañando un texto escrito con ciertas características, y que en conjunto presentan al lector la historia que se quiere contar, lo que podemos considerar la narrativa global. Es así como podemos considerar dichas características como un conjunto de signos estructurados de tal manera que permiten comunicar un contenido, en este caso un contenido científico, y que permiten al lector interpretar un significado en torno a dicho contenido. De este modo llamaremos “Elementos semióticos” a este

conjunto de signos que un trabajo anterior se denominó “mecanismos didácticos”³ pero que aquí se identifican plenamente como los elementos semióticos incorporados en los libros de texto. A continuación se revisa y justifica cada uno de ellos.

3.2.2 Elementos Retóricos (narrativa global)

Las formas que el autor utiliza para presentar los hechos del mundo al lector son diversas. Es así como encontramos que en un mismo libro se integran palabras, imágenes, actividades prácticas, problemas y preguntas, entre otros, y por lo tanto la cohesión y relación que se establezca entre ellos resulta importante para lograr el objetivo de transmitir de manera global una idea o contenido.

Llamaremos *Elementos Retóricos* a estas modalidades presentes en el libro, de las cuales nos centraremos en el análisis del sentido que tiene, para el autor o autores del libro, la función didáctica que le es propia, que en conjunto nos permitirán identificar el estilo didáctico utilizado por los libros para hablarnos de las ondas.

El autor o los autores de un libro los utilizan para convencer a sus lectores sobre las entidades teóricas que construyen, siendo esto de gran importancia puesto que caracterizan al libro. Estos elementos retóricos han sido identificados de manera empírica por un grupo de profesores del grupo LIEC (Lenguaje e Investigación en Enseñanza de las Ciencias) dirigidos por Mercè Izquierdo (2005 c) y se refieren a dos aspectos en general:

1) *Comunicabilidad*

La *comunicabilidad* de las narrativas nos da una idea de cómo el libro de texto conecta con el lector a través del modelo de ciencia, que narra los hechos, un lector a quien se le narran y un estilo didáctico para acercarlos.

2) *Factualidad*

Por otra parte, la llamada *Factualidad* de las narrativas nos indica los tipos de hechos de los que se habla en el libro de texto. Podemos identificar hechos

³ Hernández, C. (2008) Tesina Máster Oficial en Didáctica de las ciencias. UAB.

representados como fenómenos que pueden ser: Reales (cotidianos al alumno), De laboratorio, o Simbólicos.

3.2.3 Elementos semióticos

Consideraremos cuatro fundamentalmente, que deben estar relacionados estrechamente para cumplir su función semiótica: el texto escrito (frases, expresiones, metáforas), las preguntas con las que se relacionan, las imágenes, y las actividades prácticas. Tal como Rodríguez, et al (1999) indican, es importante definir con claridad qué significado damos a los términos utilizados en este informe dada la ambigüedad que tiene según quien los utiliza. De este modo se detalla a continuación lo que en adelante entenderemos por cada uno de los elementos semióticos considerados.

3.2.3.1 Texto escrito

La justificación de por qué consideramos el texto escrito como un elemento semiótico la encontramos en las ideas propuestas por Lotman (2003) quien considera que “el concepto de texto es fundamental para la semiótica y la lingüística modernas. De acuerdo con la tradición Saussuriana, el texto es una manifestación del lenguaje”.

En concordancia con el autor y con su visión contemporánea de “texto”, éste no sólo tiene una función comunicativa, sino que también crea significación: “En esta función el texto ya no aparece como un mero envoltorio pasivo de un significado determinado de antemano, sino como ‘generador de significado’”.

Es así como entonces cabe hacer la distinción entre lo que, de ahora en adelante, se considerará “texto escrito”. Cuando mencionemos la palabra “*texto*” nos referiremos al conjunto de texto escrito, como elemento semiótico en su función didáctica, o sea, el conjunto de palabras y frases que constituye un libro. Lo anterior implica que al hablar del texto global diremos “*Libro de texto*”.

3.2.3.2 Imágenes y/o animaciones

Las imágenes de los libros de texto otorgan una manera de representar los hechos y ejemplos que el libro utiliza para comunicar el mensaje, de tal manera que el lector reciba un mensaje visual que complemente al escrito. En concordancia con esto,

Martin (2002) nos indica que las imágenes trabajan en cooperación con el lenguaje y pueden ser más aptas que éste para un determinado propósito.

En palabras de la misma autora *“No sólo son las imágenes cruciales para la conceptualización de las ideas científicas, también son consideradas como ayudas de gran alcance para comunicar el conocimiento especializado a las audiencias de los no expertos”*.

En una investigación sobre el uso de las imágenes en la enseñanza de las ciencias, Perales (2006) distingue entre lo que se puede considerar una imagen y una ilustración. Define de este modo el término *imagen* como una “representación de seres, objetos o fenómenos, ya sea con un carácter gráfico o mental”, distinguiéndolo del término *ilustración* como un tipo de imagen más específica, “de carácter gráfico y que acompaña a los textos escritos con la intención de complementar la información que suministran”.

En nuestro caso, coincidimos con la idea de imagen como una representación pero que en términos generales, engloba la idea propuesta para el término “ilustración”. Es decir, consideraremos como imagen a cualquier representación visual de fenómenos, objetos, etc, ya sean fotografías, dibujos, gráficas, tablas, esquemas y diagramas, por mencionar los más comunes, y cuyo rol es acompañar al texto en general.

Para clarificar dicha consideración en una primera instancia, se adopta la propuesta hecha por Izquierdo et al. (2007), de que las imágenes presentes en el texto cumplen funciones diferentes pudiendo distinguir tres tipos:

1. No operativas; cuando no se trabaja con ellas. No entregan información relevante ni son de interés fuera del contexto.
2. Operativas elementales; se pueden interpretar con representaciones universales.
3. Operativas Sintácticas; requieren conocimientos específicos para interpretarlas. Siendo éstas las de mayor interés para esta investigación desde el punto de vista de la actividad científica.

En el caso de los libros digitales, el texto escrito puede ir acompañado de elementos audiovisuales como animaciones, simulaciones, applets o laboratorios

virtuales, entre otros, además de imágenes estáticas como las de cualquier libro de texto en formato papel.

Dado el carácter cíclico de esta investigación, tal como se ha explicado con anterioridad, y a partir de la revisión superficial de los libros digitales que complementan el objeto de estudio, se observó que ellos incorporan sólo animaciones sencillas que en vez de favorecer la interactividad de los lectores con el libro, simplemente daban dinamismo a lo que en un libro tradicional hubiese sido una imagen estática.

En este punto es de nuestro interés lo que autores como Scheiter y Gerjets (2006) dicen sobre los sistemas representaciones que se utilizan para crear animaciones: “Los íconos se parecen a los objetos que representan, mientras que el significado de los símbolos se basa en un acuerdo convencional en vez en vez que en el parecido físico. Por lo tanto, su relación con el mundo que ellos representan es arbitraria. Además de animaciones icónicas y simbólicas, la taxonomía incluye animaciones híbridas, que comienzan con una representación icónica del dominio, al que luego se transformó en simbólico.”

Para clarificar esta idea proponemos el ejemplo siguiente extraído del capítulo 4, *Interpretación de los datos*. Al hablar de la “Reflexión de la luz” como contenido teórico, todos los libros que tratan el tema recurren a representaciones geométricas utilizando diagramas de rayos.

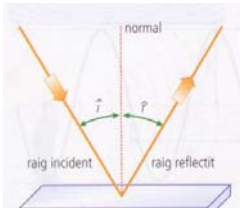
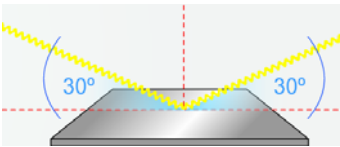
| Libro Tradicional 1 | Libro Digital 1 |
|---|--|
|  |  |

Tabla 3. Ejemplo sobre la similitud del contenido de una imagen y una animación

Es posible observar la similitud de las imágenes, con la diferencia de que, en el caso del libro tradicional es una imagen estática, y en el caso del libro digital es una animación. El rayo de color amarillo tiene movimiento y realiza el recorrido de izquierda a derecha rebotando en el espejo, generando una idea de temporalidad que

el libro tradicional no puede mostrar, al menos no tan fácilmente. De este modo la imagen dinámica adquiere un significado dado por el simbolismo de la misma.

Aunque las ideas que surgen sobre este tema están aún en debate (ver por ejemplo, Rebetez, C y otros, 2006) reconocemos aquí que el uso de animaciones puede mejorar la comprensión y aprendizaje sobre ciertos fenómenos que los alumnos no podrían acabar de representar mentalmente, de forma correcta, sólo con imágenes estáticas.

Destacamos en este sentido que existe una diferencia evidente entre una animación y una imagen estática pero que en esta investigación no profundizaremos en ella, debido a que nos centraremos en el rol que la animación cumple en el libro digital, al igual que el rol que puede cumplir una imagen estática en un libro tradicional.

Es así como adoptamos las ideas de Pintò, Saez y Tortosa (2008) sobre considerar las *animaciones* como “aplicaciones informáticas formadas por imágenes dinámicas donde se representa o imita algún fenómeno real o irreal en un entorno virtual”. Esta definición se adapta a lo observado en los libros de texto donde la única posibilidad de interacción del lector consiste en ejecutar la animación, o sea, ponerla en marcha, pero sin modificar sus variables, sólo observarlas.

A partir de lo anterior, las categorías aplicadas a las imágenes serán también aplicables a las animaciones, dado que comparten el rol de acompañar al texto escrito. De este modo la distinción entre ellas solo se hará cuando sea necesario.

El principal interés por las imágenes en particular surge del potencial que, creemos, tienen en el proceso de elaboración de significados por la interacción existente entre ellas y los otros modos lingüísticos presentes en los textos. En concordancia con Vasilis y Kostas (2005/2006) muchas veces no se explota el real potencial que las imágenes tienen como generadores de aprendizajes.

3.2.3.3 Preguntas

Una característica que diferencia a la ciencia de otras disciplinas es que nos da la posibilidad de cuestionarnos sobre el mundo que nos rodea y nos entrega respuestas a

esas inquietudes; de hecho, las preguntas que no tengan respuesta acaban por no ser consideradas por la ciencia. Una idea similar la encontramos en Màrquez, Roca y Via (2003) “Lo que diferencia la ciencia de otras áreas es inicialmente la manera de preguntarse sobre los hechos, la manera de aproximarse a los fenómenos, es decir, la manera de <<mirar>>”.

Las preguntas corresponden a lo que puede ser pensado en relación a un determinado fenómeno. Esto, en el contexto de lo que una actividad científica escolar (A.C.E.) necesita, supone que en las clases de ciencias se promuevan la formulación de preguntas cuyas respuestas sean a su vez la búsqueda de explicaciones a los fenómenos observados.

Dentro del mismo contexto, Montserrat Roca (2008) plantea que “Enseñar ciencia comprende plantear situaciones para posibilitar y favorecer que el alumno haga, piense y hable sobre ciencia. Es decir, realizar actividades que permitan desarrollar las capacidades, dotar de conocimientos, habilidades y procedimientos que lo hacen posible”.

Considero de este modo que el plantear preguntas en los textos es parte importante del proceso de aprendizaje de la ciencia y que constituye una forma interesante de expresar ideas e inquietudes que adquieren un significado científico en la respuesta que el texto formula. Por eso se consideran en esta investigación como un elemento semiótico de interés, ya que las respuestas a dichas preguntas en conjunto con las ideas expuestas en el texto escrito adquieren sentido sobre el tema en cuestión. A su vez la elección de las preguntas que en el libro de texto aparecen no es al azar (o al menos partimos de ese supuesto), cumpliendo entonces una función retórica importante que responde a las finalidades didácticas del autor y que justifica su planteamiento.

3.2.3.4 Actividades Prácticas

Aunque difícilmente se discute la importancia del trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias y dado que la imagen “popular” de un científico es la persona de bata blanca que prácticamente vive en un laboratorio, lo cierto es que la adquisición de procedimientos experimentales no tiene un espacio relevante en la realidad de la

actividad científica escolar actual. Anteriormente hemos dicho que uno de sus pilares lo constituía el “Hacer”, o sea, todo aquello que involucra la posibilidad de actuar en la ciencia, hacer ciencia, y por ende su base radica en la posibilidad de realizar trabajo práctico en la escuela. De este modo consideramos aquí a las actividades prácticas como lo que puede ser ‘hecho’ en relación a un determinado fenómeno.

Las actividades prácticas “proporcionan al alumno un campo de pruebas donde puede ampliar sus experiencias y modificar sus ideas e interpretaciones, haciéndolas más coherentes con el conocimiento científico, siempre y cuando estén adecuadamente diseñadas...” (García y Martínez Losada, 2003). Para muchos alumnos, lo que llegan a saber de las actividades prácticas es lo que sobre ellas se dice y se representa en el libro de texto.

Una vez definidos los aspectos a revisar en los libros se procede a escoger la muestra de libros a analizar.

3.3 Proceso de elección de la muestra de libros

A partir de la observación realizada a los contenidos del currículo oficial de ciencias se ha decidido analizar el capítulo de ondas presentes en libros de texto de 4º y 2º de la E.S.O.

Una revisión previa y general de cinco libros de texto tradicionales en el nivel 4º de E.S.O., ha permitido escoger dos que ofrecen un material interesante de ser revisado basándonos en los siguientes criterios de selección:

1. incluyen la totalidad de elementos semióticos que se pretenden analizar.
2. Pertenecen a editoriales conocidas y de gran difusión en Cataluña.
3. Son representativos del resto de la muestra, pasando a ser libros “tipo”

Frente a la posibilidad de analizar libros tradicionales se ha buscó libros digitales para el mismo nivel (4º ESO). Aquí surge la dificultad de la obtención de licencias y permisos necesarios para revisar este nuevo material siendo la editorial Graò a través de su “Digital-Text” la primera en ofrecernos la posibilidad de mirar el capítulo de ondas propuesto para 4º de la E.S.O.

Junto a este libro, la misma editorial pone a nuestra disposición el libro digital de 2º de E.S.O. que también incorpora el contenido de ondas dentro del capítulo llamado “Transferencia de energía”. Este hecho sumado al de no poder conseguir otro libro digital de 4º de E.S.O. para poder revisar (dada la dificultad con las licencias y la poca disponibilidad de las editoriales consultadas) nos hace buscar entre la oferta digital otro libro de 2º de E.S.O. para tener una comparativa entre “pares” a un mismo nivel. Es así como nos encontramos con la posibilidad de revisar los libros digitales de la editorial Teide que a través de su sitio web⁴ pone a disposición pública un demo para el curso de 2º E.S.O.

Finalmente, se pensó en analizar un libro de texto tradicional de 2º para balancear las comparativas, sin embargo se descartó la idea por falta de disponibilidad en el material.

De este modo consideramos que la muestra, aunque sea pequeña, es representativa. Además nos permitirá profundizar mas en detalles que, tal vez, con una muestra mayor y la misma cantidad de tiempo disponible para desarrollar la investigación, no se pudiesen revisar.

3.3.1 La muestra

Es así entonces que la muestra de libros (capítulos) a analizar queda constituida de la siguiente manera:

| Formato | Tradicional | Digital |
|---------|-------------|---------|
| Curso | | |
| Segundo | 0 | 2 |
| Cuarto | 2 | 1 |

En total, cinco libros de los cuales tres son de formato digital y dos son tradicionales.

⁴ www.teidedigital.com, Revisión realizada entre los meses de Junio y Agosto de 2010.

| Libro | Editorial | Nivel | Simbología |
|---------------|-----------|--------|------------|
| Tradicional 1 | Baula | 4º ESO | LT1 |
| Tradicional 2 | Teide | 4º ESO | LT2 |
| Digital 1 | Graò | 4º ESO | LD1 |
| Digital 2 | Teide | 2º ESO | LD2 |
| Digital 3 | Graò | 2º ESO | LD3 |

Tabla 4. Resumen de la muestra de libros a utilizar

No está de más decir que se hubiese querido revisar el material digital disponible actualmente con mayor libertad para escoger los más adecuados para la investigación; sin embargo la privatización del acceso al material nos ha limitado la elección lo cual no afecta en ningún caso la validez de los datos, sino que más bien, pone de manifiesto una problemática real frente al rol que la investigación adquiere dentro de esta “revolución” digital.

3.4 Diseño del proceso metodológico

A modo de resumen y orientación se expone aquí una visión general del proceso seguido en esta investigación para la toma y posterior análisis de los datos.

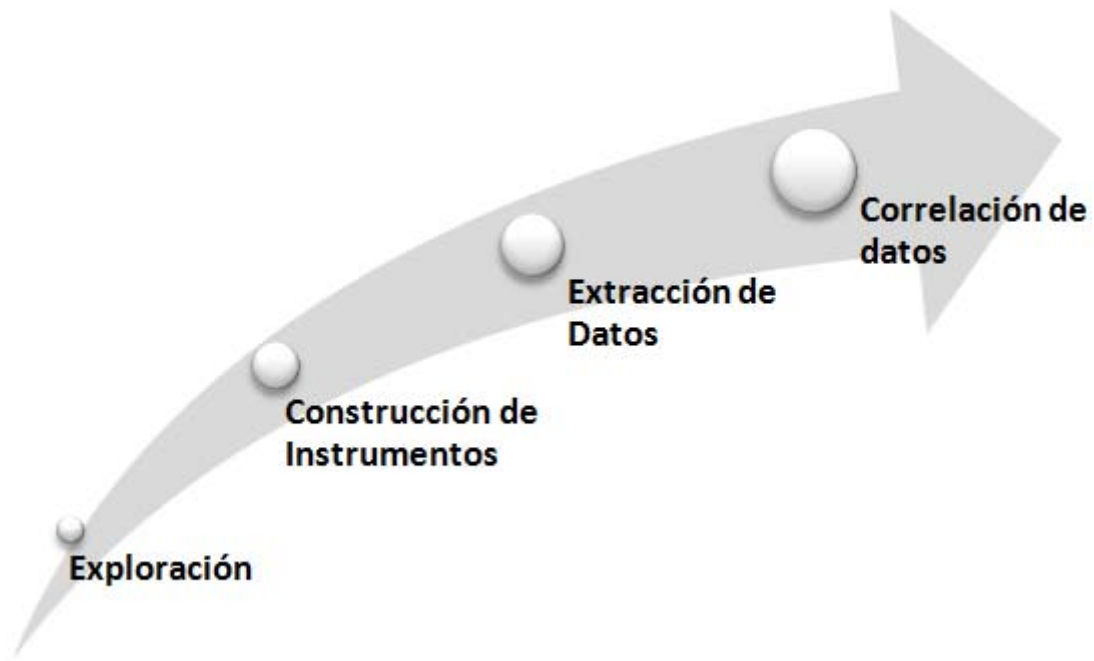


Ilustración 8. Etapas del proceso metodológico

El proceso metodológico consta de cuatro etapas, en términos generales:

Cada una de estas etapas incorpora sesiones de trabajo que en algunos casos generaban a su vez la revisión de sesiones anteriores adquiriendo el proceso un estilo cíclico. Tal como se ha mencionado al comienzo de este capítulo, la investigación gira en torno de tres áreas para las cuales se siguieron procesos diferentes, los cuales serán expuestos en detalle a continuación.

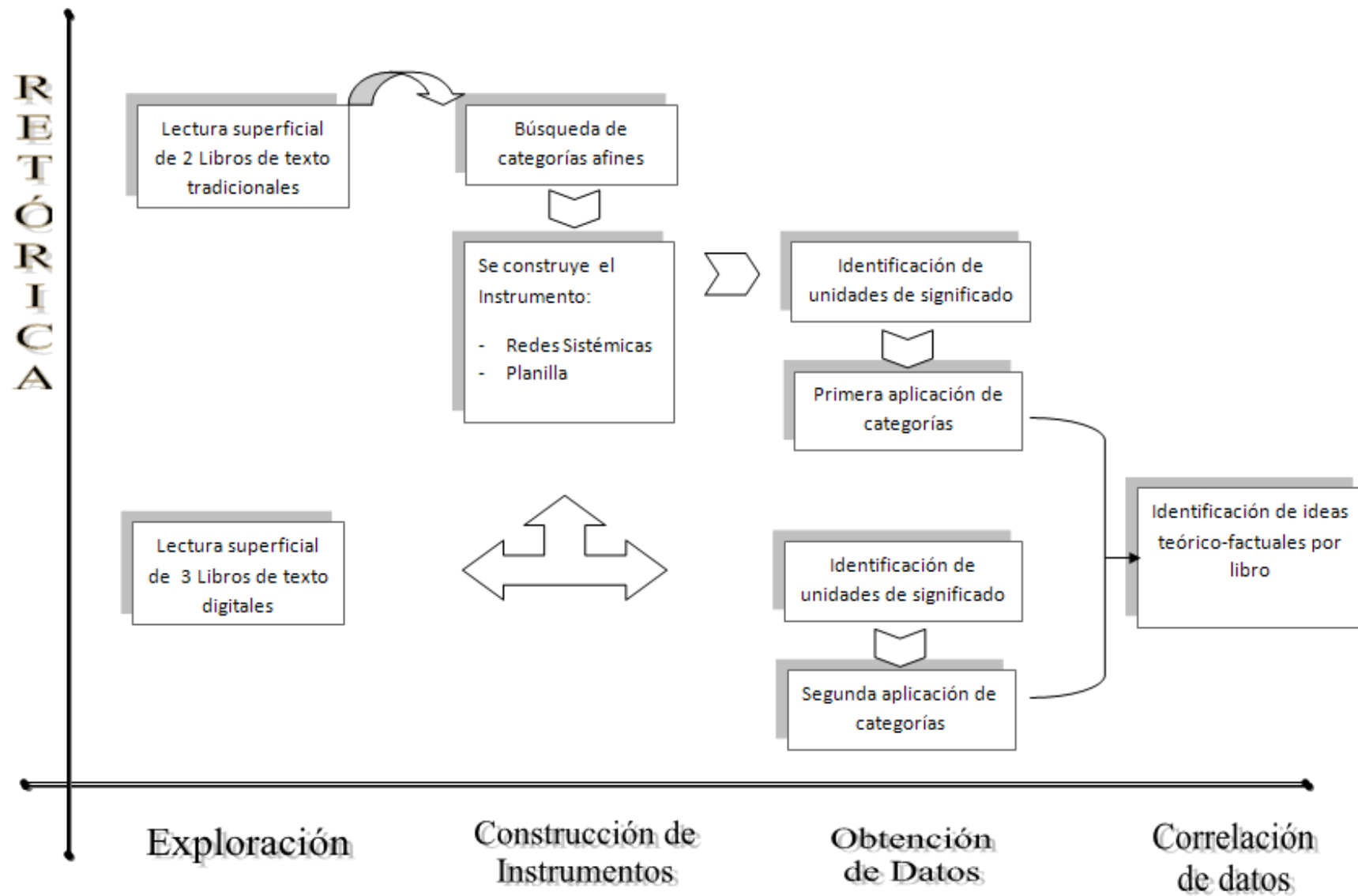


Ilustración 9. Proceso metodológico para los aspectos retóricos.

SEMIÓTICA

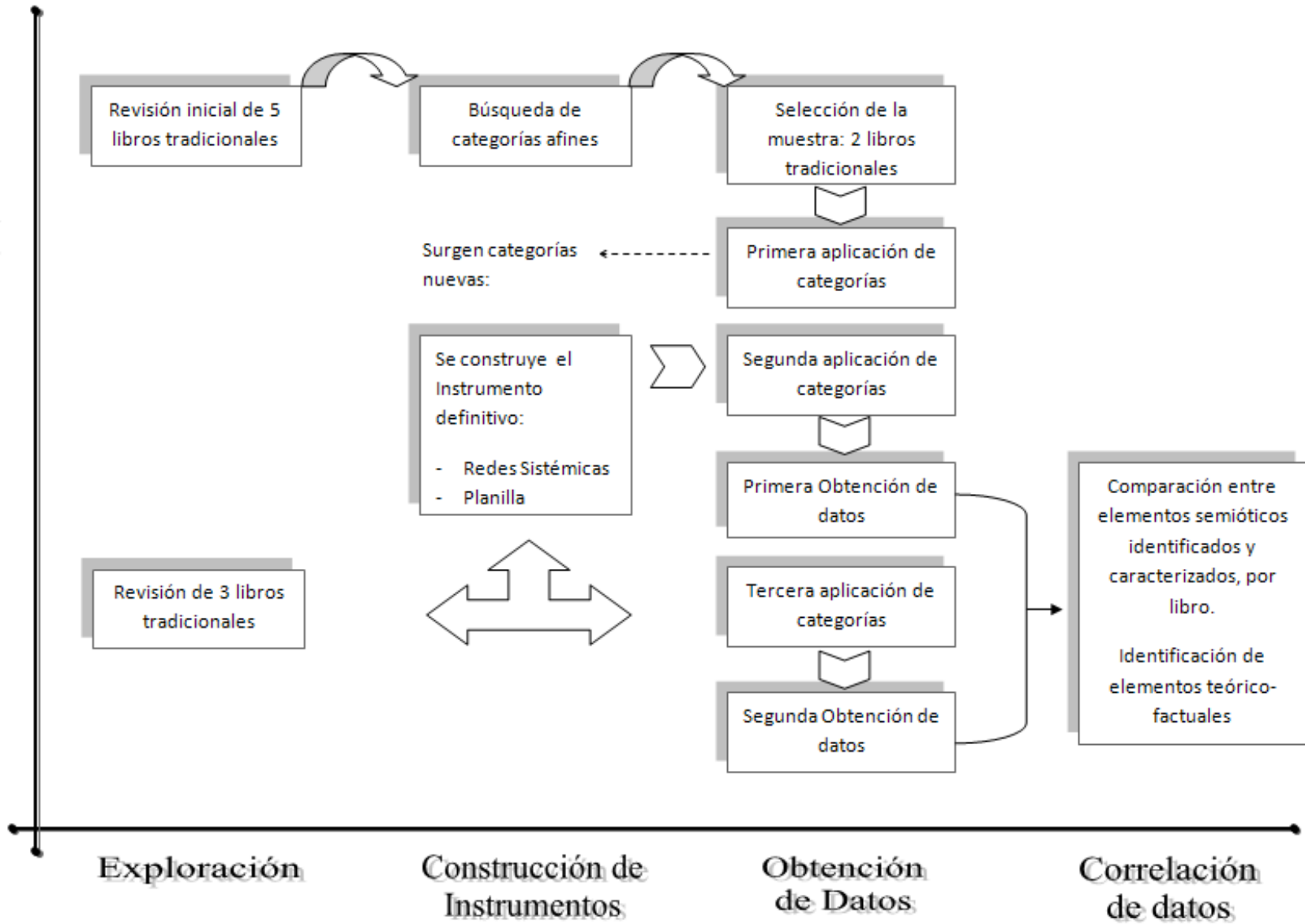


Ilustración 10. Proceso metodológico para los aspectos semióticos

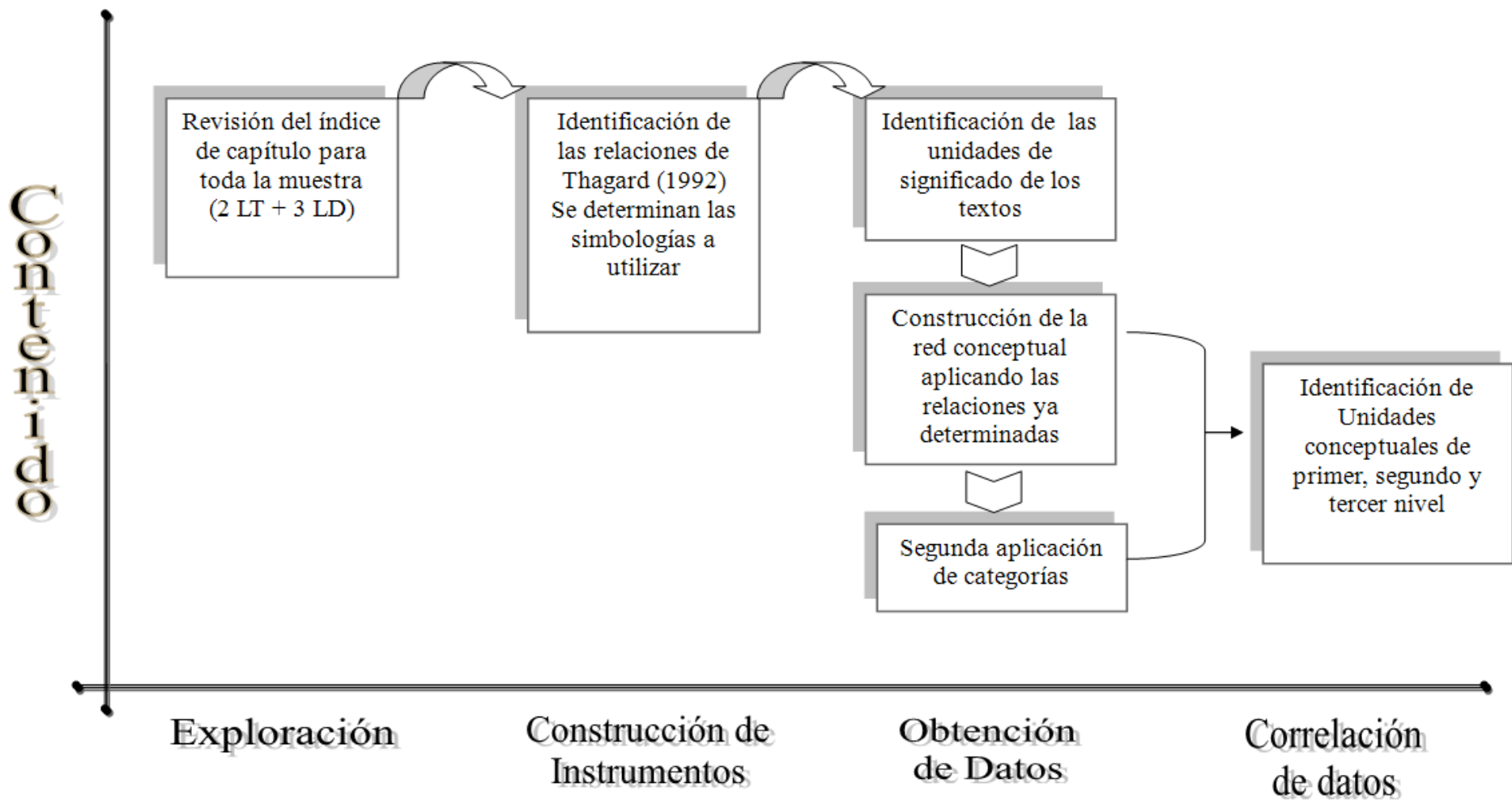


Ilustración 11. Proceso metodológico para los aspectos del contenido

3.5 Instrumentos de recogida y análisis de datos: Justificación y Elaboración

En base a lo expuesto anteriormente dejo en claro que los datos a extraer para los fines de esta investigación son de tres tipos: datos referidos a las características retóricas de cada capítulo revisado (comunicabilidad y factualidad del texto), datos referidos a los elementos semióticos presentes en cada uno de ellos (texto escrito, preguntas, imágenes y actividades prácticas) y datos referidos al contenido teórico-conceptual y fenomenológico de la unidad en torno al tema de estudio que es “*Las Ondas.*”

En primer lugar las características retóricas y semióticas observables en los libros se han categorizado y posteriormente organizado en redes sistémicas que han facilitado la revisión posterior de los libros ya que en un mismo instrumento es posible concentrar todas las características de interés.

En segundo lugar, el contenido teórico de cada capítulo se organiza elaborando redes conceptuales siguiendo las ideas de Thagard (1992) que entregan una visión general de la estructura y orden del contenido. Dentro de estas redes destacaremos aquellos conceptos que hacen alusión directamente a los fenómenos, para establecer cómo cada capítulo conecta la teoría con los hechos del mundo. A continuación se explica cada uno de estos instrumentos en detalle.

3.5.1 Redes sistémicas como instrumento para elementos retóricos y semióticos

Las redes sistémicas constituyen una herramienta muy utilizada en el área de la didáctica de las ciencias y sobre todo en el análisis de texto, porque permite recoger el significado de conjuntos de palabras, dibujos, entre otros, sin necesidad de jerarquizar, además de establecer categorías para analizar los datos cualitativos en función del tipo de razonamiento utilizado y los objetivos de la investigación, facilitándose así la interpretación de los mismos.

Para una correcta elaboración y posterior lectura de las redes sistémicas que a continuación se presentan, se deben conocer dos reglas básicas:

- I. Se utilizan paréntesis de llave ({) para indicar que las categorías de la derecha no son excluyentes entre sí ni disjuntas.
- II. Se usa un paréntesis cuadrado ([) cuando las categorías de la derecha son disjuntas o excluyentes entre sí.

En ambos casos las categorías de la derecha del paréntesis están siempre relacionadas con las categorías de la izquierda.

3.5.1.1 Categorías retóricas y semióticas, organizadas en redes sistémicas

La narrativa y las características retóricas que identificamos en el texto escrito proporciona una 'imagen de mundo a aprender' coherente con el currículo, en la cual cumplen su función también los elementos semióticos que identificamos.

Se presentan a continuación las categorías utilizadas para la descripción de cada uno de estos elementos.

A. Categorías para el texto escrito global (su narrativa)

El texto escrito como elemento semiótico se refiere a todas aquellas expresiones y frases que sean indicativas de alguna característica particular del libro, como por ejemplo, las definiciones conceptuales que utiliza o los ejemplos y analogías que incorpora. Es por esto que del texto escrito los datos que nos interesan son frases literales extraídas del texto que serán consideradas como *unidades de significado* y que no requieren de una categorización, al menos no para nuestros fines.

Por otra parte, el texto visto como elemento retórico, será el que nos permitirá identificar las características de la narrativa global del texto (comunicabilidad y factualidad), para lo cual, las unidades de significado extraídas en este caso serán categorizadas a partir de la propuesta de Izquierdo y otros (2005 c), que constituyen una aproximación a la identificación de un modelo de ciencia, de lector y de didáctica. Dichas categorías son las siguientes:

a. Comunicabilidad del texto

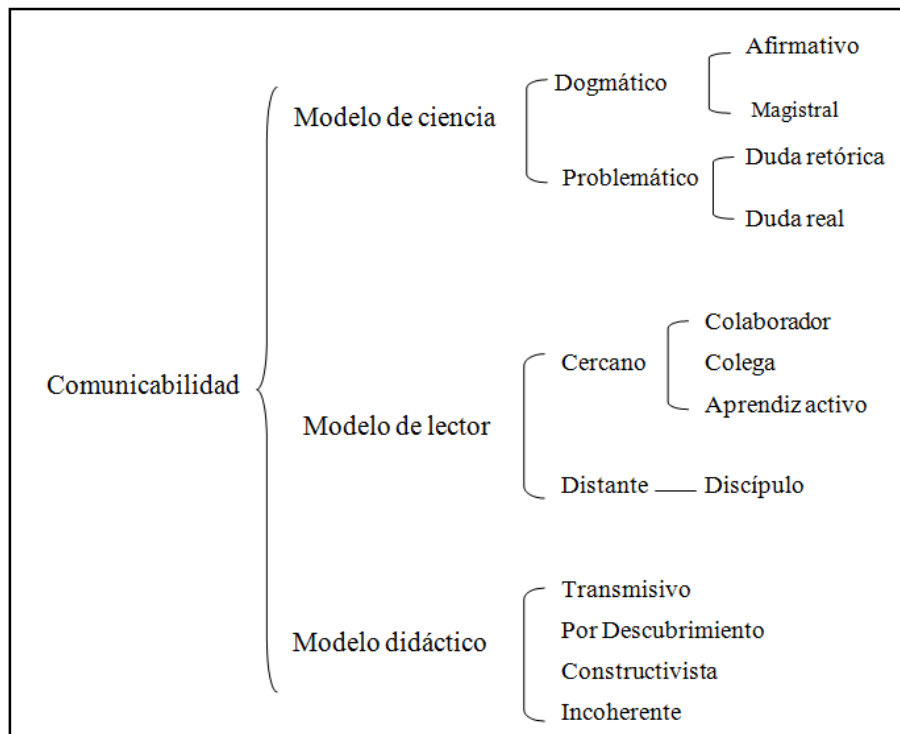


Ilustración 12 Red Sistémica para la comunicabilidad del texto (Izquierdo y otros, 2005c)

Por una parte surge la “Comunicabilidad” de las narrativas, que nos da una idea de cómo el libro de texto conecta con el lector a través del modelo de ciencia, que narra los hechos, un lector a quien se le narran y un estilo didáctico para acercarlos.

- I. El modelo de Ciencia que comunica un libro de texto puede ser “Dogmático”, cuando no da pie a ninguna duda o discusión y responde a preguntas que no han sido formuladas previamente, el cual a su vez puede ser “Magistral o Afirmativo” dependiendo si el discurso presenta las entidades teóricas como verdades a enseñar, explicadas de manera lógica, o como verdades a mostrar de manera arbitraria, respectivamente. Al estilo Afirmativo se le suele llamar también “Apodíctico” por ser un término que indica algo concluyente e irrefutable.

Pero también la ciencia se puede presentar “Problemática”, o sea a través de preguntas mediante una “Duda retórica”, si el discurso se construye con preguntas que no implican problemas cercanos al lector y cuyas respuestas son conocidas por el autor y aparecen con el desarrollo del texto, o bien, mediante una “Duda real” si el discurso

se construye con preguntas más cercanas al lector que busquen implicarlos y cuyas respuestas no necesariamente aparecen explícitas en el texto.

II. El lector al cual se le presentan los hechos puede ser “Distante”, al que llamamos “discípulo”, o “Cercano”, jugando un papel de “Colega”, “Colaborador” o “Aprendiz Activo” dependiendo de cómo el autor lo implique en la historia que se narra.

De ahora en adelante, para nuestro caso particular nos referiremos al lector como “alumno” dado que estamos considerándolo como el individuo a quien va dirigido el libro. No consideramos en este trabajo al profesor u otra persona en el rol de lector.

III. Y dependiendo de la interacción que propone entre ciencia y lector se identifica un modelo didáctico que puede ser “Coherente” con un estilo de aprendizaje por “Descubrimiento”, por “Transmisión” o por “construcción del conocimiento (“Constructivista”). También puede ser “Incoherente” cuando hay mezcla de los tres y no hay tendencia marcada.

b. Factualidad del texto

Por otra parte, la “Factualidad” de las narrativas nos indica los tipos de hechos de los que se habla en el libro de texto. Podemos identificar hechos representados como fenómenos que pueden ser: Reales (cotidianos al alumno), De laboratorio, o Simbólicos.

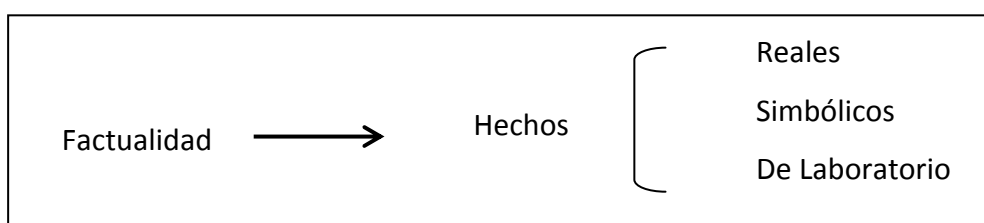


Ilustración 13. Red sistémica para factualidad (Izquierdo y otros, 2005c)

En nuestro caso particular, la factualidad será identificada a partir de unidades de significado extraídas del texto escrito, y de los diversos elementos semióticos presentes en el libro, donde cada una, por sí sola, se considera una unidad de significado. Del mismo modo para nuestro caso particular, los hechos que los autores denominan *simbólicos* preferimos llamarlos *académicos* para no causar confusión a

partir de la interpretación que posteriormente se haga de los datos y las conclusiones a las que podamos llegar, en la cuales probablemente se hable de construcciones simbólicas o hagamos referencia a los simbolismos que el libro pueda utilizar. Es así como la red sistémica queda finalmente del siguiente modo:

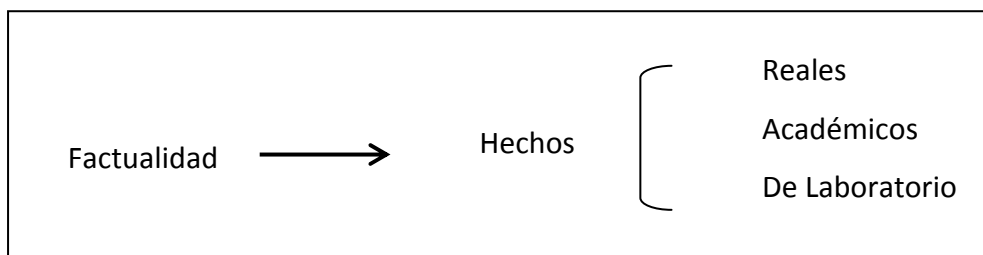


Ilustración 14. Red sistémica para factualidad adaptada de Izquierdo y otros (2005c)

B. Categorías para las imágenes

En el apartado donde introdujimos a que llamaríamos *elementos semióticos*, se han descrito las categorías propuestas por Izquierdo *et al* (2007), para analizar las imágenes incluidas en los libros de textos tanto tradicionales como digitales, incorporando en estos últimos las animaciones, consideradas como un nuevo tipo de imagen (*dinámica*) cuyo rol en el libro es el mismo que el de una imagen estática en el caso de su predecesor.

La categorización que aquí se propone considera a las imágenes en su contexto dentro del libro, y por lo tanto su disposición o elección por parte de los autores no es aleatoria. Es así como entonces, a partir de la observación superficial previa hecha a la muestra de 5 libros de texto en formato papel, se han identificado cuáles son los objetivos que las imágenes cumplen acompañando al texto escrito.

Las categorías que han surgido de estas consideraciones se resumen en la siguiente red sistémica:

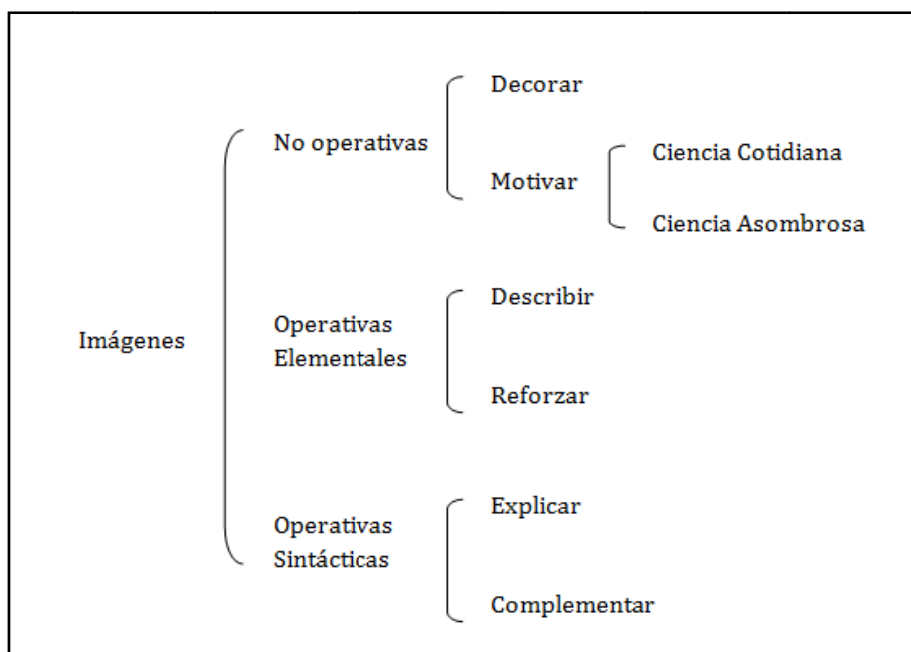

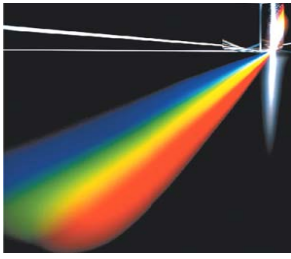



Ilustración15.Red Sistémica sobre tipos de imágenes (Izquierdo y otros, 2007) complementadas con categorías de elaboración propia

- i. Consideraremos como imagen no operativa, a aquellas que por si solas, sin un texto explicativo referido a ellas, no entregan información para el estudio del contenido. Diremos que pueden utilizarse con el objetivo de **motivar** al alumno en el estudio del tema, si son imágenes de algún modo llamativas, mostrando una ciencia cotidiana o una ciencia que asombra, aunque no se comprenda. O, por otra parte, pueden simplemente estar dispuestas para **decorar** el libro y serían aquellas que no parecen guardar relación alguna con el contenido, a no ser que te den una explicación sobre lo que la imagen está representando.

Algunos ejemplos extraídos de los libros que facilitan la distinción son:

| Motiva: Ciencia cotidiana | Motiva: Ciencia asombra | Decora |
|---|--|---|
|  |  |  |

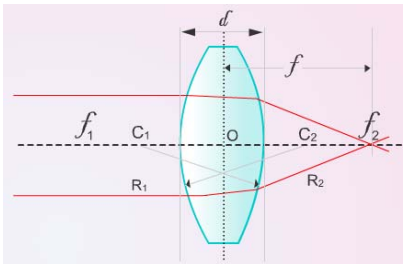
- ii. Las imágenes operativas elementales pueden ser utilizadas para **reforzar** lo explicado en el texto escrito mostrando ejemplos similares que complementen a los descritos en el texto mismo. También hay imágenes cuyo objetivo es **describir** “literalmente” los ejemplos o explicaciones expuestas en el texto escrito.

Al igual que en el caso anterior, veamos unos ejemplos extraídos del libro:

| Reforzar | Describir |
|---|--|
|  |  |

- iii. Las imágenes de tipo operativas sintácticas pueden aportar una **explicación** gráfica a las ya dadas, aunque requieren de un nivel de abstracción más elevado para comprenderlas. También hay imágenes que **complementan** las explicaciones dadas aportando nueva información, como es el caso, por ejemplo, de las tablas o gráficos.

Ejemplo de esto serían:

| Explicar | Complementar | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---------------|--|---------------|-----|-----------|----------|--------------------------|--------|--------|--------|---------------------|-------|-------------------|-----|------|--------|----|
|  | <table border="1"> <thead> <tr> <th>To</th> <th></th> <th>Freqüència/Hz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">Alt</td> <td>ultrasons</td> <td>> 20 000</td> </tr> <tr> <td>límit superior d'audició</td> <td>20 000</td> </tr> <tr> <td>xiulet</td> <td>10 000</td> </tr> <tr> <td>nota alta (soprano)</td> <td>1 000</td> </tr> <tr> <td>nota baixa (baix)</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Baix</td> <td>tambor</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> | To | | Freqüència/Hz | Alt | ultrasons | > 20 000 | límit superior d'audició | 20 000 | xiulet | 10 000 | nota alta (soprano) | 1 000 | nota baixa (baix) | 100 | Baix | tambor | 20 |
| To | | Freqüència/Hz | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Alt | ultrasons | > 20 000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | límit superior d'audició | 20 000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | xiulet | 10 000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | nota alta (soprano) | 1 000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | nota baixa (baix) | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Baix | tambor | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | |

C. Categorías para las actividades prácticas

Para caracterizar las actividades prácticas se han considerado tres aspectos importantes:

- i. Orientación. Indica si la actividad permite el trabajo en grupos, de forma colectiva o si está diseñada para el trabajo individual. Ambas categorías no son excluyentes entre sí ya que una misma actividad podría desarrollarse de ambas formas dependiendo del objetivo que persiga.
- ii. Ubicación. Las actividades pueden estar ubicadas en diferentes partes dentro del capítulo, pero una misma actividad, obviamente, tiene una ubicación fija y por eso las categorías son excluyentes entre sí. Estas categorías distinguen si la actividad se encuentra al comenzar el capítulo (pre-contenido), si se ubican durante el desarrollo del capítulo (Co-contenido) o si se encuentran al final del capítulo (Post-contenido).
- iii. Tipo. Finalmente hemos hecho distinción entre diferentes tipos de actividades prácticas las cuales a su vez atienden a objetivos específicos.

Llamamos actividades indagatorias a aquellas que permiten detectar ideas previas o introducir un concepto teórico a partir de la experimentación inicial. Ambas categorías pueden co-existir para una misma actividad indagatoria.

Las actividades de confirmación son aquellas diseñadas para trabajar contenidos tratados en el texto y cuyos objetivos pueden ser desarrollar una técnica de trabajo científico o comprobar lo que teóricamente se ha explicado. Ambas no son excluyentes.

Finalmente, las actividades de aplicación permiten, precisamente, aplicar a situaciones nuevas los contenidos aprendidos en el transcurso de la unidad, entonces los objetivos que cumplen son aplicar la teoría misma o poder obtener relaciones matemáticas entre las variables estudiadas.

Estas categorías han quedado debidamente organizadas en la siguiente red sistémica:

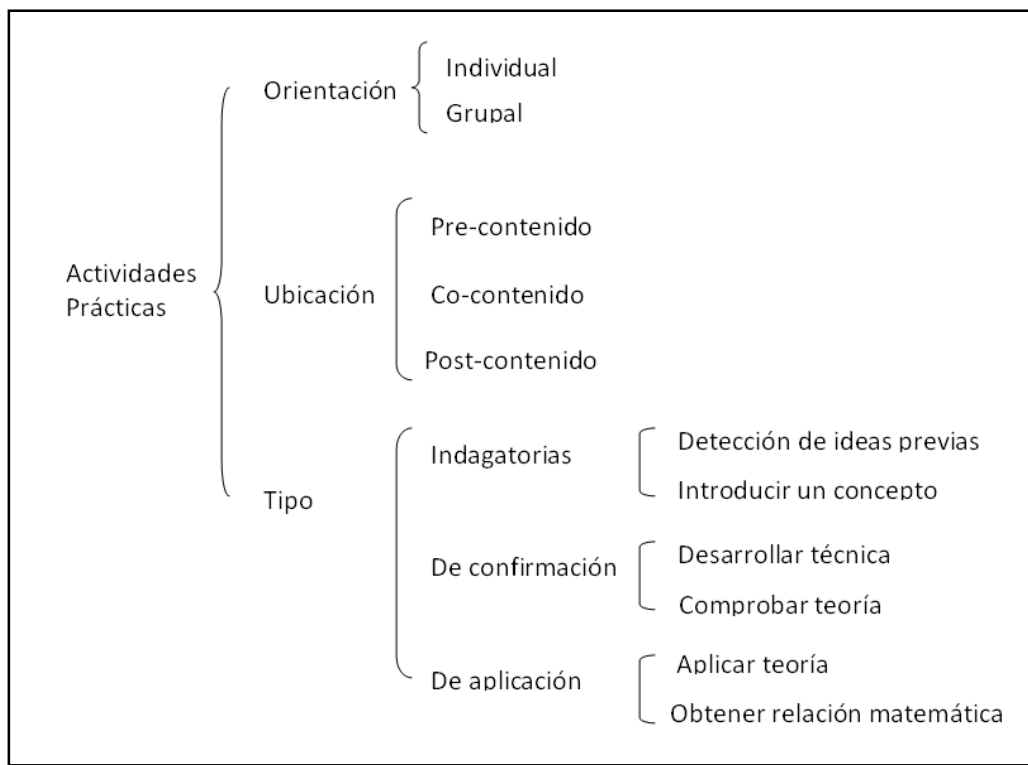


Ilustración 16. Red Sistémica sobre las actividades prácticas. Elaboración propia

D. Categorías para las preguntas

Las primeras decisiones sobre los aspectos que se tendrían en cuenta para realizar el presente trabajo, nos llevaban a considerar los problemas propuestos por el libro de texto dada la importancia que tiene la resolución de los mismos en la enseñanza de la física y las ciencias de la naturaleza en general.

Sin embargo la previa observación de los libros de texto de muestra dejó en evidencia que teóricamente no estábamos frente a propuestas de resolución de problemas, ya que si consideramos un problema como “... una situación en la que una persona tiene que encontrar una respuesta a una pregunta y no dispone de un camino rápido y directo que le lleve a la solución” (Martín, Gómez y Gutiérrez, 2000 y las referencias en él), nos damos cuenta de que los tipos de preguntas propuestos no responden a perfiles como éste.

Por lo tanto para no crear mayores confusiones en un tema que teóricamente no está del todo aclarado, llamaremos simplemente “*Pregunta*” a aquellas situaciones

propuestas por los autores de los libros de texto para que los alumnos puedan aplicar los conocimientos conceptuales y procedimentales que van aprendiendo con el estudio del contenido.

Para clasificar las preguntas se han considerado dos criterios:

i. Respecto al tipo de tarea.

Se utiliza la distinción hecha por Perales (1993) entre preguntas *Cualitativas* y *Cuantitativas* considerando como preguntas cuantitativas a aquellas que requieren de cálculos numéricos realizados a partir de las ecuaciones correspondientes y de los datos disponibles en el enunciado. Del mismo modo, consideraremos como preguntas cualitativas a aquellas que no requieren de procedimientos numéricos.

Para las preguntas cualitativas a su vez, haremos una distinción dependiendo de la complejidad de los procesos que el alumno deba llevar a cabo para responderlas, entre preguntas de *Bajo nivel cognitivo* y preguntas de *Alto nivel cognitivo* (Roca, 2008). En términos psicológicos las preguntas de alto nivel cognitivo son las que implican operaciones mentales más complejas, como lo son; relacionar diferentes informaciones textuales, aplicar un concepto a una situación nueva o explicar y razonar sobre fenómenos utilizando la información estudiada y las preguntas de bajo nivel cognitivo son las que demandan recordar o recuperar de forma más o menos literal la información leída en un texto, por ejemplo; aplicar un conocimiento teórico a situaciones familiares, problemas o preguntas programadas que se pueden responder siguiendo simples algoritmos mecánicamente sin necesidad de una comprensión exhaustiva, entre otros.

Una distinción similar encontramos en el escrito de Márquez, Roca y Via (2003) donde diferencian entre preguntas *reproductivas* y *productivas* en analogía con lo que hemos denominado preguntas de bajo y *alto nivel cognitivo* respectivamente. En el caso de las primeras se consideran que “no son buenas preguntas desde un punto de vista de la actividad científica porque se pueden responder repitiendo conocimientos que se han expuesto en clase o que se han estudiado a partir del libro”.

ii. Respecto a su relación con la construcción de modelos científicos

Estas categorías propuestas por Roca y Márquez (2005) tienen por objetivo evaluar la “significatividad científica” de las preguntas que se plantean en los libros de textos. Entonces se pueden distinguir preguntas de:

- a) Descripción. “Piden información sobre una entidad, fenómeno o proceso”.
- b) Explicación causal. “Piden el porqué de una característica, diferencia, paradoja, proceso, cambio o fenómeno”.
- c) Generalización, definición. Piden “las características comunes que identifican un modelo o clase” o “la identificación o pertinencia de una entidad, fenómeno o proceso a un determinado modelo o clase”.
- d) Comprobación. “Hacen referencia a cómo se sabe o cómo se ha llegado a conocer o hacer una determinada afirmación”
- e) Predicción. “Pregunta sobre el futuro, la continuidad o la posibilidad de un proceso o hecho.
- f) Gestión. “Hacen referencia a que se puede hacer para propiciar un cambio, resolver un problema, evitar una situación...”
- g) Opinión, valoración. “piden la opinión o la valoración personal”.

Dentro de este mismo criterio se han agregado otras categorías adicionales, surgidas de la primera observación al grupo de libros no definitivo:

- h) Investigación. Por lo general, entendemos por *investigación* aquella pregunta que necesita de la realización de un trabajo práctico para encontrar una respuesta (Pozo y Gómez, 1998). Sin embargo la previa observación de la muestra de libros de texto dejó en evidencia que hay preguntas bajo el encabezado de “investiga” o “averigua” donde se pide al alumno información sobre un tema particular. Por lo tanto, dado que ambos estilos de preguntas descritas son del tipo cualitativas, se ha decidido diferenciar entre aquellas *Investigaciones de alto nivel cognitivo*, que corresponderían a las que requieren de procesos experimentales para responderlas, *de otras investigaciones de bajo nivel cognitivo* que son aquellas que sólo piden reunir información.
- i) Ejercicios. Por una parte consideramos *ejercicio* a una pregunta *cuantitativa* que requiere de procedimientos o técnicas repetitivas para su solución y

que por lo tanto terminan siendo rutinarias para los alumnos. Pero por otra parte hemos considerado que también podemos hablar de *ejercicios cualitativos* refiriéndonos a aquellas preguntas que requieren de técnicas o procedimientos no cuantitativos. Dentro de estos mismos llamaremos *ejercicios cualitativos de bajo nivel cognitivo* a aquellas preguntas que piden hacer dibujos o diagramas, por ejemplo, debido a que requieren procedimientos repetitivos para realizar la tarea. De la misma manera llamaremos *ejercicios cualitativos de alto nivel cognitivo* a aquellas preguntas que requieren de procedimientos nuevos, diseñados o inferidos por el alumno, o sea, no repetitivos, por ejemplo, hacer deducciones matemáticas literales (diferente a lo que consideramos como pregunta cuantitativa).

Lo anterior queda resumido en la siguiente red sistémica:

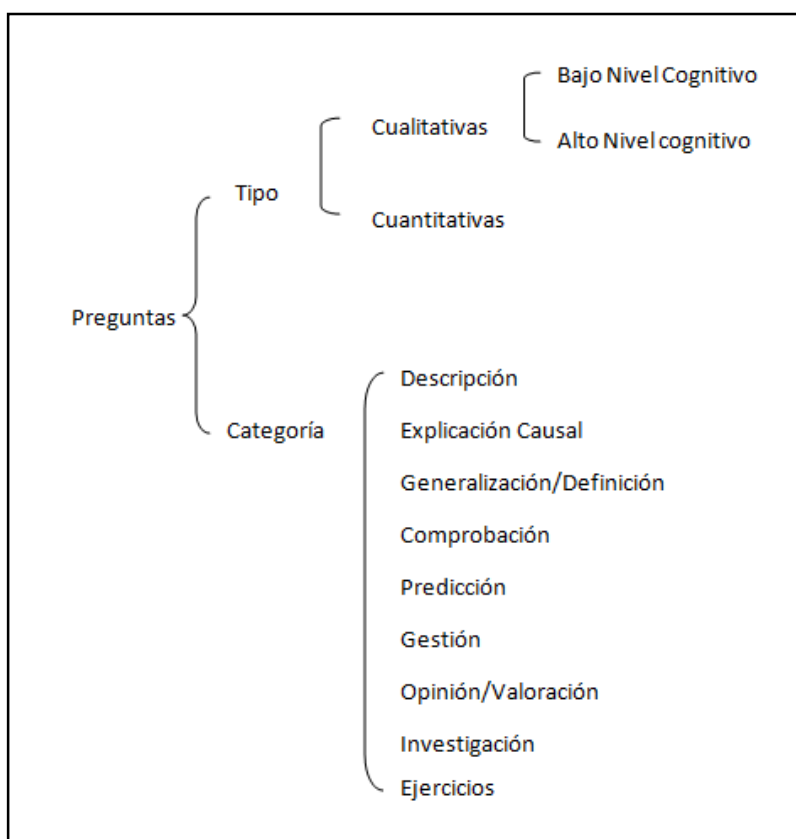


Ilustración 17. Red Sistémica sobre las preguntas. Elaboración propia a partir de categorías propuestas

Dado que en los libros no necesariamente hay de todos los tipos de preguntas y combinaciones posibles de tipo y categoría, expongo a continuación algunos ejemplos de preguntas extraídas de los datos para un tema en particular, las ondas electromagnéticas, para favorecer la comparación:

1. **Ejercicio cuantitativo:** *Calcula la longitud de onda de los rayos que emite un aparato de rayos X si tiene una frecuencia de 3×10^8 Hz.*
2. **Ejercicio cualitativo de bajo nivel cognitivo:** *Enumera aplicaciones que conozcas de las Ondas Electromagnéticas*
3. **Pregunta Cualitativa de bajo nivel cognitivo, tipo generalización/definición:** *¿Qué caracteriza las ondas electromagnéticas?*
4. **Pregunta Cualitativa de bajo nivel cognitivo, tipo descripción:** *¿Qué color de la luz blanca tiene la longitud de onda más pequeña? Y cuál la más grande?*

A continuación se presenta un detalle justificado de cada aspecto considerado en la planilla y su organización.

3.5.1.2 Planilla de recogida de datos como instrumento para los elementos retóricos y semióticos

Todas las categorías antes explicadas, para cada uno de los elementos semióticos a revisar, fueron organizadas en una planilla que se expone en el Anexo 1 al final del informe.

La planilla incorpora en primer lugar un espacio dedicado a la ficha técnica de cada libro para recordar su nombre, autores, año de edición y editorial.

Posterior a ello, la planilla está dividida en 2 partes. La primera parte permite reunir la información referente a los aspectos retóricos del libro, o sea su comunicabilidad y factualidad. La segunda parte es para los aspectos semióticos, pudiendo resumir las categorías para las imágenes, preguntas, actividades prácticas y aspectos del texto escrito que sean destacables.

En el caso de esta segunda parte, se han diferenciado dos secciones; la primera referente a la introducción de cada capítulo, para los casos en que existe tal, y la segunda para los aspectos del cuerpo del capítulo, o sea todo su desarrollo y final. De

este modo se podrían identificar algunos aspectos referidos a la intención comunicativa del autor/autores en cuanto a la presentación del contenido.

A continuación se expone en detalle el orden de los diversos ítems dispuestos en la planilla para facilitar la obtención de los datos en cada libro.

I. ASPECTOS RETÓRICOS

Las categorías han sido extraídas de la red sistémica descrita en el marco metodológico (Izquierdo y Grupo LIEC, 2005c)

1. Modelo de ciencia.

Aquí se indica la forma en que los autores exponen las ideas sobre ciencia y particularmente sobre las ondas.

2. Modelo de Lector.

En esta sección se distingue el tipo de lector al que va dirigido el texto

3. Modelo Didáctico.

Corresponde a la forma como el libro pretende que el lector aprenda los contenidos

4. Factualidad.

En este apartado se busca distinguir los (el) tipos de hechos que el autor utiliza en su narración, haciendo uso de las imágenes que utiliza o los ejemplos que menciona.

II. ASPECTOS SEMIÓTICOS

En este apartado se resumen las categorías ya escogidas para cada uno de los elementos semióticos.

i. Introducción

Existe un espacio en blanco destinado a reunir las impresiones y aspectos que sean importantes sobre la introducción, como por ejemplo, sobre interrogantes planteadas o conceptos que se vayan a tratar directamente en el capítulo. Observamos con detenimiento:

1. **Imágenes.** Se resumen los aspectos relativos a las imágenes que aparecen en la introducción. Se distinguen por tipo y según el objetivo que cada una pueda

cumplir (descritos en el marco metodológico). Los cuadros vacíos permiten registrar la cantidad de imágenes incluidas para cada caso.

2. **Texto escrito.** Se incorporan los aspectos que podrían estar presentes en el texto de la introducción del capítulo y que se consideran importantes desde nuestra perspectiva de estudio. Es así como nos importa saber si:
 - a) Menciona contenidos tratados anteriormente. Este aspecto nos da una idea de la continuidad que el libro haga con los contenidos en general. Su ausencia puede ser indicio de que el contenido (ondas) aparece “de la nada”, como algo completamente nuevo y desconocido para el alumno.
 - b) Destaca la importancia del estudio del contenido. Es esencial si se quiere mostrar una ciencia útil.
 - c) Comenta las imágenes mostradas. Esto ayuda a justificar la elección de cierto tipo de imágenes y la importancia que tiene para introducir el tema.
 - d) Alude al desarrollo histórico del contenido. Es importante, desde nuestra perspectiva, que la ciencia se enseñe como un saber desarrollado a través de la historia, considerando las dificultades del proceso.
 - e) Menciona aplicaciones tecnológicas. Este aspecto es fundamental para entregar una visión de ciencia útil y cotidiana.

En este apartado (introducción) no se categorizan actividades prácticas ni preguntas, ya que en la muestra previa de libros revisada se observó que aquellos libros que tenían introducción no proponían actividades prácticas en ellas o preguntas relevantes. Por este motivo, en el caso de que algún libro proponga alguna pregunta o algún tipo de actividad será incluida en el espacio destinado al comentario general de la introducción.

ii. Desarrollo del contenido

Se considera como desarrollo del contenido a todo el capítulo a partir de la introducción, incluyendo las preguntas o actividades que el libro plantee al final del capítulo, o a aquellas que plantea adicionales al capítulo, como sería en el caso de los libros digitales.

Al igual que en el caso del apartado destinado a la introducción del capítulo, en este caso se deja un espacio al comienzo para posibles comentarios generales.

1. Texto escrito.

Como ya se ha mencionado con anterioridad, el texto como elemento semiótico nos aportará datos sobre la construcción de significados en torno al contenido para lo cual necesitamos extraer frases que sean significativas desde nuestra perspectiva. Para ello se ha dejado un espacio en blanco en la planilla donde poder escribir aquellas frases de forma literal, que constituirán nuestras unidades de significado.

2. Imágenes.

Al igual que en la introducción podemos cuantificar la cantidad de imágenes presentes, según el tipo y objetivo que cumple. Aunque no se hace un análisis cuantitativo, se pueden detectar preferencias.

3. Actividades prácticas.

Podemos identificar el tipo de actividades experimentales propuestas en el capítulo según las categorías propuestas en el marco metodológico. Los cuadros en blanco nos permiten introducir la cantidad de actividades para cada tipo, suponiendo que hayan varias. También podemos tener en consideración su ubicación dentro del capítulo y si es que muestra conclusiones o no. Por otra parte, el tipo de material requerido para llevarlas a cabo, junto con la complejidad de las mismas, nos da indicios del rol que de manera implícita otorgan los autores a este tipo de actividades dentro del proceso de enseñanza de las ciencias, lo cual también se apoya en el hecho de que la actividad (o más de una) pueda realizarse de manera individual o grupal (categoría denominada "Orientación")

4. Preguntas.

Este apartado nos permite resumir y cuantificar las preguntas incluidas en el libro haciendo la distinción por categorías (Roca y Márquez, 2005) y por tipo. Se puede observar que las preguntas que corresponden a la categoría "ejercicios" coinciden con el tipo de preguntas "cuantitativos" pero también pueden ser

cualitativos de bajo o alto nivel, según se ha explicado en el marco metodológico. Finalmente se ha dejado el espacio para colocar la cantidad total de las preguntas.

5. Sugiere bibliografía adicional.

Se considera importante proponer al alumno lecturas complementarias u otros tipos de recursos como por ejemplo, sitios web, que le proporcionen más información sobre el tema y sus aplicaciones. En este punto se incluye un espacio en blanco para apuntar la bibliografía que se sugiera.

3.5.2 Mapas de Thagard como instrumento de análisis del contenido

En 1992, Paul Thagard propone la elaboración de mapas o redes conceptuales que corresponden a representaciones lógicas entre conceptos, los cuales son considerados estructuras mentales complejas que se relacionan entre sí dando lugar a sistemas que funcionan como teorías y que por ello tienen funciones importantes como categorizar, hacer inferencias deductivas, explicar o generalizar, entre otras.

Un sistema conceptual puede ser elaborado y analizado a partir de una red de conceptos (encerrados en elipses) y ejemplos (encerrados en rectángulos) unidos por líneas que representan diferentes relaciones entre ellos. Según Thagard existen cinco tipos de relaciones. La forma en que representaremos cada una de ellas ha sido adaptada al idioma del presente trabajo.

1. Relaciones de clase.

Permiten jerarquizar e indican que un concepto es una subclase de otro. Se representa mediante una línea recta señalada con una letra "C"

2. Relaciones de Parte.

También permiten establecer jerarquías pero indicando que algún concepto está formado de otros. Se representan con líneas rectas señaladas con una letra "P".

3. Relaciones de Ejemplo.

Indican que un objeto particular es un ejemplo de un concepto. Se visualizan como líneas rectas que señaladas con una letra "E".

4. Relaciones de Propiedad.

Indican que un concepto tiene una determinada propiedad. Se representan con líneas curvas terminadas en flecha, señaladas con las letras "Pr".

5. Relaciones de Regla.

Expresan las relaciones generales entre conceptos y sólo tienen validez dentro de un determinado modelo teórico, que es el mismo que da sentido a las relaciones anteriores. Por ello estas relaciones son generales, pero no universales. También dan sentido a los experimentos.

Para representarlas se utilizan líneas curvas acabadas en flecha y se señalan con una letra "R" a la cual se agregaremos un subíndice numerado para diferenciar unas de otras.

La importancia de estas relaciones radica en que hace apropiada una red para el aprendizaje de las ciencias porque conecta los hechos con sus representaciones simbólicas.

Como información relevante sobre el contenido de cada capítulo, y por ende como dato, consideramos en esta sección la revisión del índice de cada capítulo para observar el orden de presentación del contenido en el mismo. El índice ha sido plasmado en la planilla antes descrita junto a la ficha técnica del libro.

3.6 Triangulación Metodológica

Se ha recurrido a dos tipos de triangulación. Por una parte, un proceso de triangulación interna a la investigación mediante el cual los datos obtenidos por diversos métodos son entrelazados entre sí para un análisis global.

En segundo lugar, se lleva a cabo un proceso de triangulación entre pares de modo externo a la investigación, mediante el cual otros investigadores hacen revisión de los

datos y métodos para minimizar las influencias o desviaciones propias del investigador-autor. De este modo se pueden probar y mejorar los resultados.

3.6.1 Validez y Fiabilidad

La validez de las interpretaciones aquí realizadas, los instrumentos elaborados y las generalizaciones posteriores, surge del consenso al que se ha llegado en las discusiones grupales mantenidas por el investigador (autora) con la directora de la investigación y personas externas entre las que cuentan investigadores pares y profesores, en torno a la pertinencia de la investigación, su proceso de desarrollo y sus fines.

De este modo podemos decir que la validez de esta investigación tiene un carácter externo ya que sus métodos han sido comparados con los de estudios similares y sus resultados han mostrado ser generalizables y aplicables a muestras más amplias de objetos de estudio. Se garantiza de este modo que la muestra escogida es representativa y adecuada, y que el proceso realizado puede ser reproducido para la obtención de resultados similares.

Capítulo 4

DATOS Y CORRELACIÓN

El presente capítulo exhibe de manera concreta los datos obtenidos con el uso de los instrumentos ya descritos; redes sistémicas (planilla, anexo 1) para los aspectos retóricos y semióticos, y las relaciones conceptuales (mapas de Thagard) para los aspectos del contenido, así como también la respectiva correlación de dichos datos que darán pie a la interpretación posterior.

La información extraída de los capítulos revisados no es sólo cualitativa sino también cuantitativa, en el caso de las imágenes y preguntas, lo que sin duda enriquece aún más el análisis posterior hecho en profundidad, y cuyos datos son expuestos a través de gráficas que facilitan su visualización y comparativa.

Tal como con anterioridad de ha indicado, se han extraído datos desde tres dimensiones diferentes. Los datos extraídos para los elementos retóricos pueden verse en el anexo 2, los datos para los elementos semióticos en el anexo 3 y los datos relevantes desde el punto de vista conceptual (del contenido) puede verse en el anexo 4. De este modo, aquí se incluyen los datos en general, y en adelante se utilizaran como ejemplos para las explicaciones los datos considerados mas significativos.

4.1 Datos por libro

La presentación de los datos está dividida en dos apartados dependiendo del formato de libro, es decir, se presentan primero los datos extraídos para libros tradicionales (papel) y posteriormente los correspondientes a los libros digitales.

En cada caso se presentan, para cada libro, los datos correspondientes a los aspectos retóricos y semióticos, siguiendo la organización de la planilla construida, expuesta en el capítulo anterior. Finalmente, se presenta la red conceptual construida para cada caso destacando con color las zonas donde el libro conecta con los fenómenos y el mundo real.

4.1.1 Libros Tradicionales

En este apartado se exponen los datos extraídos para los dos libros de texto revisados en formato de papel.

4.1.1.1 Libro Tradicional 1

Ficha técnica del LT1:

Nombre: Cienciès de la naturalesa 4

Nivel: 4º E.S.O.

Autores: Conocidos

Año: 2005

Editorial: Baula

Idioma: Catalán

I. ASPECTOS RETÓRICOS

1. Modelo de ciencia: Dogmático Afirmativo

“La experiencia demuestra que la propagación de la luz es rectilínea”

“Las magnitudes que caracterizan las ondas son...”

“Una onda no propaga materia sino energía”

“La velocidad de las ondas es constante de manera que el movimiento es uniforme”

2. Modelo de Lector: Discípulo

“Si dejamos caer un coche de juguete sobre un plano inclinado de madera, observamos que el coche mantiene su dirección inicial durante todo el trayecto”

“Cuando subimos el volumen de un aparato reproductor de discos compactos, lo que hacemos es aumentar la intensidad del sonido”

3. Modelo Didáctico: Transmisión

“Es evidente que no todas las ondas son iguales...”

“Siempre que hay una reflexión se cumple que...”

“El sonido es una onda mecánica, longitudinal y tridimensional, y la experiencia demuestra que necesita un medio material para propagarse. Sabemos que se puede propagar en los medios gaseosos, líquidos y sólidos, pero no en el vacío. Por lo tanto, es una onda mecánica”

4. Factualidad: Hechos cotidianos y académicos

“Cuando lanzamos una piedra sobre la superficie de un lago tranquilo se producen una serie de círculos concéntricos en torno a la posición donde tiene lugar el impacto. Para entender este fenómeno haremos una aproximación que desde el punto de vista físico es muy correcto. Supondremos que las moléculas del agua de la superficie del lago son pelotas unidas mediante pequeños muelles...”

“En el juego de la serpiente, si el niño o la niña mueve de manera continua el extremo de la cuerda se produce una sucesión de ondas que se denomina tren de ondas”

II. ASPECTOS SEMIÓTICOS

i. Introducción del capítulo

Comentario general:

La imagen tiene gran presencia en la introducción. Plantea interrogantes que luego serán desarrolladas en el capítulo, y por ende, respondidas con ayuda del libro. Estas preguntas, son categorizadas como cualitativas de tipo generalización/definición y bajo nivel cognitivo, están consideradas junto a las demás preguntas del capítulo.

1. Imágenes.

Muestra una imagen **no operativa** cuyo objetivo es **decorar** y que ocupa mayoritariamente el espacio de las dos páginas destinadas a la introducción, sin



realizar comentario alguno sobre ella.

2. Texto escrito.

No se mencionan contenidos tratados anteriormente, en niveles o unidades temáticas previas, pero sí se destaca la importancia del estudio del contenido y se mencionan algunas aplicaciones tecnológicas. Por otra parte, no se alude al desarrollo histórico del concepto ni se comenta la imagen mostrada.

“No podríamos entender el mundo actual si no supiésemos los principios de los fenómenos ondulatorios. Desde todo alrededor se emiten ondas acústicas, luminosas, de radio, que invaden el universo y son recibidas por receptores tan diferentes como el oído, la vista, los televisores, las radios, los teléfonos móviles, etc.”

ii. Desarrollo del capítulo

1. Texto escrito

“Cuando lanzamos una piedra sobre la superficie de un lago tranquilo se producen una serie de círculos concéntricos en torno de la posición donde tiene lugar el impacto. Para entender este fenómeno haremos una aproximación que desde el punto de vista físico es muy correcto. Supondremos que las moléculas de agua de la superficie del lago son pelotas unidas mediante muelles...”

“Así llegamos a la conclusión que primero ha tenido lugar un movimiento vibratorio en un punto, al cual denominaremos foco emisor y que este movimiento se ha propagado en el medio”

“Lo que se propaga es la energía capaz de producir el movimiento vibratorio de las partículas”

“Un modelo que se usa en física para la materia es el de partículas unidas por muelles. Hacemos vibrar una de las partículas y decimos que la energía que permite esta vibración se propaga a las otras partículas”

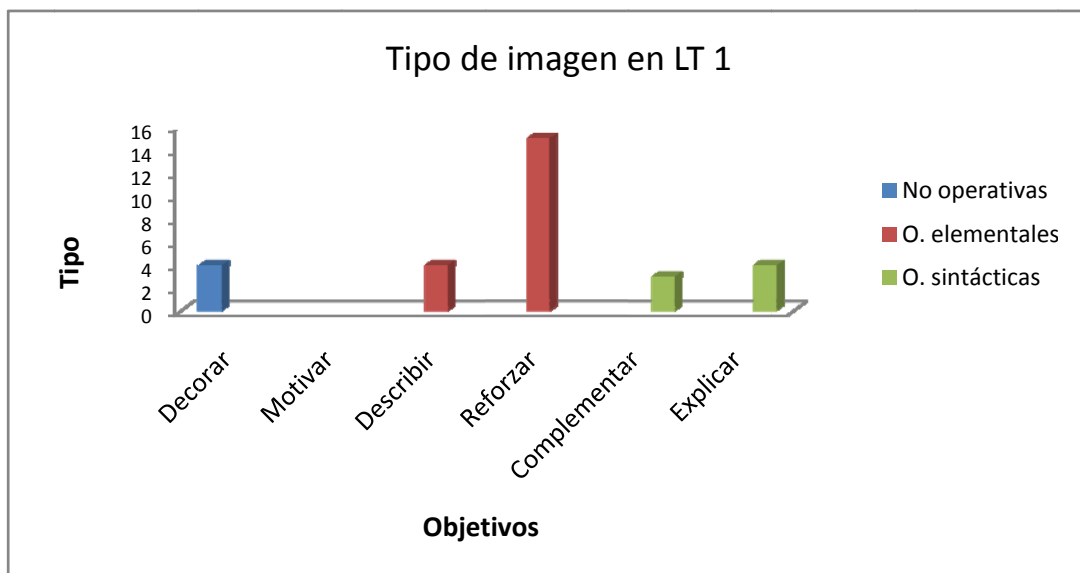
“El hecho de que la luz se comporte como una onda nos indica de que cuando llegue a una determinada superficie se reflejará”

“Cuando calentamos alimentos al microondas, escuchamos la radio, vemos la televisión o hablamos a través de nuestro teléfono móvil, lo hacemos gracias a las ondas electromagnéticas”

2. Imágenes

El libro incorpora un total de 30 imágenes en el capítulo.

| TIPO | CANTIDAD SEGÚN OBJETIVOS | | | | | |
|----------------|--------------------------|---------|----------|-----------|--------------|----------|
| | decorar | motivar | Reforzar | describir | complementar | Explicar |
| No operativas | 4 | | | | | |
| o. elementales | | | 15 | 4 | | |
| o. sintácticas | | | | | 3 | 4 |



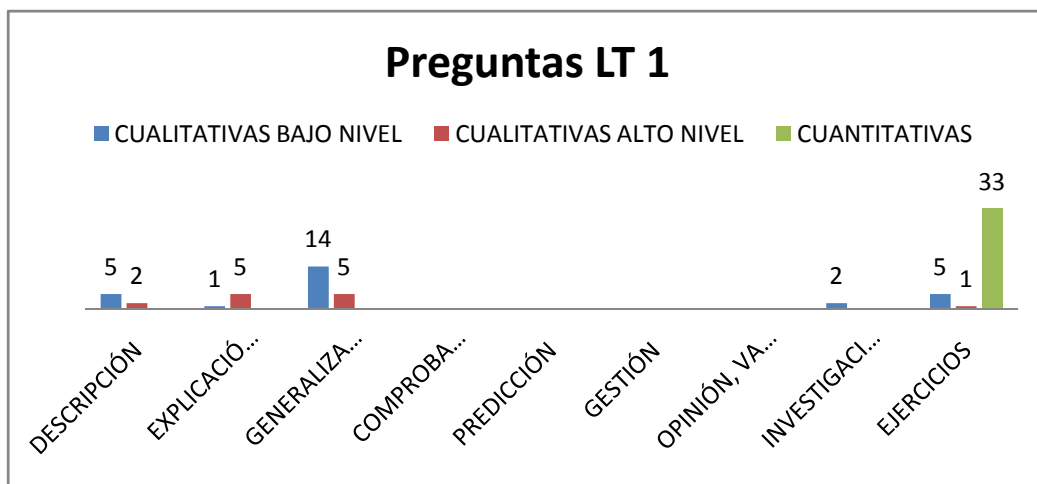
3. Actividades prácticas

Sólo una actividad de **Confirmación** cuyo objetivo es **comprobar/observar teoría**. Está ubicada al final del capítulo y no expone conclusiones. El tipo de material que se requiere es mixto (simples y de laboratorio). Es de complejidad moderada y puede ser realizada de manera individual aunque la orientación no está definida.

4. Preguntas

El LT1 formula 73 preguntas en total, repartidas a lo largo del capítulo y concentradas mayormente al final de este. La siguiente tabla de datos muestra la cantidad de preguntas incorporadas por categoría.

| CATEGORIAS | TIPOS | | |
|-------------------------------|--------------|------------|---------------|
| | CUALITATIVAS | | CUANTITATIVAS |
| | BAJO NIVEL | ALTO NIVEL | |
| DESCRIPCIÓN | 5 | 2 | |
| EXPLICACIÓN CAUSAL | 1 | 5 | |
| GENERALIZACIÓN, DEFINICIÓN | 14 | 5 | |
| COMPROBACIÓN | | | |
| PREDICCIÓN | | | |
| GESTIÓN | | | |
| OPINIÓN, VALORACIÓN | | | |
| INVESTIGACIÓN | 2 | | |
| EJERCICIOS | 5 | 1 | 33 |



5. Sugiere bibliografía adicional: No

III. ASPECTOS DEL CONTENIDO

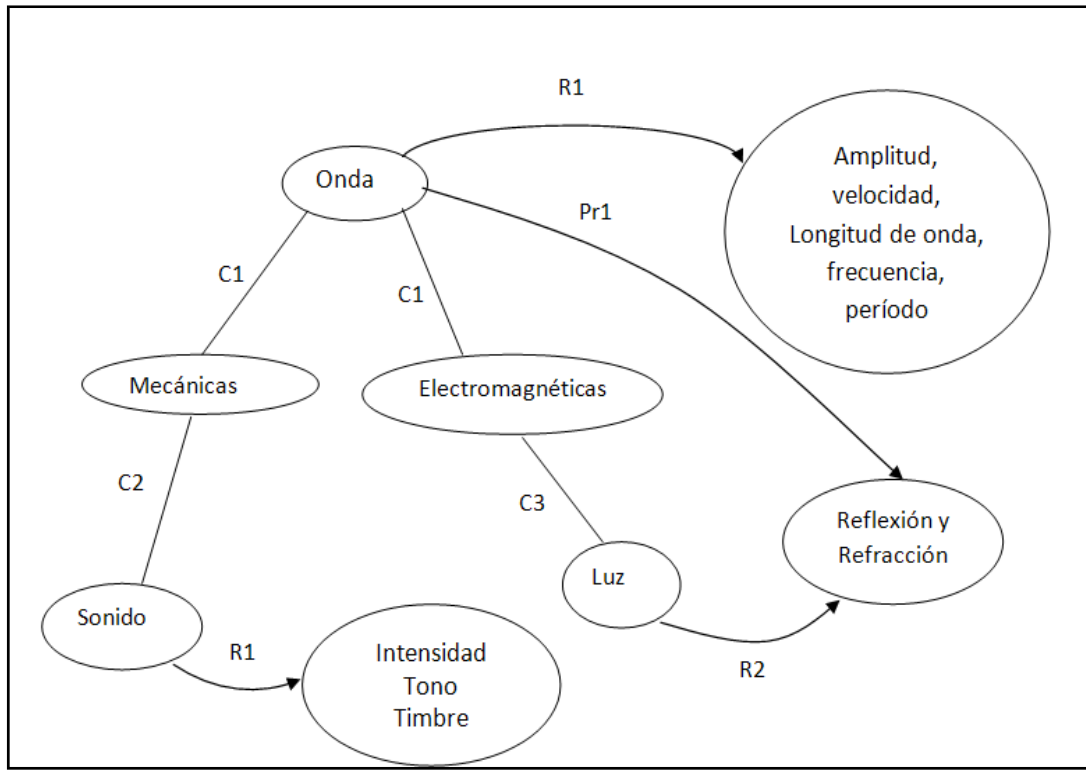
1. Índice del capítulo

El capítulo escogido para el análisis lleva por nombre: “Ondas mecánicas y electromagnéticas” (capítulo 12)

Contenido del capítulo “Ondas mecánicas y electromagnéticas”:

1. Movimiento vibratorio y movimiento ondulatorio
2. Clasificación de las ondas
3. Magnitudes características de una onda
4. Reflexión de ondas
5. Refracción de ondas
6. Ondas sonoras
7. Características del sonido
8. Dualidad partícula – onda de la luz
9. Reflexión de la luz: espejos
10. Refracción de la luz
11. Lentes
12. Ondas electromagnéticas

2. Red Conceptual LT1



R1: Las ondas tienen características. El sonido por ser una clase de onda tiene cualidades que le caracterizan

Pr1: Las ondas se reflejan y se refractan cuando se encuentran con otro medio de propagación en su camino.

R2: La luz por ser una onda también se refleja y refracta.

C1: Las ondas pueden ser de dos tipos: mecánicas o electromagnéticas

C2: El sonido es una clase de onda mecánica

C3: La luz es una clase de onda electromagnética

4.1.1.2 Libro tradicional 2

Ficha técnica del LT2:

Nombre: Física i Química. Ciències de la naturalesa

Nivel: 4º E.S.O.

Autores: Conocidos

Año: 2005 (3ª edición)

Editorial: Teide

Idioma: Catalán

I. ASPECTOS RETÓRICOS

1. Modelo de ciencia: Dogmático Magistral

“Ondas de muchos tipos atraviesan continuamente el mundo. Algunos pueden ser percibidos por nuestros sentidos, pero otros no”

“Si el extremo de un muelle se mueve con sacudidas u oscilaciones sucesivas, se produce un tren de ondas”

“La música es una combinación de notas y estas, a su vez, son sonidos que tienen una frecuencia determinada”

2. Modelo de Lector: Discípulo

“Si lanzamos una piedra al agua... aparece una onda... parece que el agua se desplaza con ella. Para demostrar que esto no es así, no hay más que poner en la superficie del agua trozos de corcho flotando y comprobar que...”

3. Modelo Didáctico: Transmisivo

“Igual que en el caso del agua, se ha producido una propagación del movimiento y, por lo tanto, de energía cinética, sin transporte de materia. Esta es la característica fundamental de las ondas”

4. Factualidad: Hechos Académicos

“El movimiento de las partículas de aire crea unas zonas en las cuales las partículas están juntas... y zonas en las que las partículas están separadas...”

“Si lanzamos una piedra al agua, observamos que en la superficie de este aparece una onda en forma de círculo... Una cosa parecida sucede cuando agarramos el extremo de un muelle que tiene el otro extremo sujeto y lo zigzagueamos transversalmente. La zigzagueada se desplaza a lo largo de todo el muelle por medio de una onda”

II. ASPECTOS SEMIÓTICOS

i. Introducción del capítulo

Comentario general de la introducción del capítulo:

Se plantean preguntas bajo el título “¿Qué sabemos?” para explorar algunas ideas sobre el contenido. Todas las preguntas son **cualitativas**, de tipo **generalización/definición** y de **bajo nivel cognitivo**.

3. Imágenes

La imagen que acompaña al texto es de tipo **No operativa** y muestra dibujos que cumplen un rol **decorativo**.



4. Texto escrito.

Al igual que en el primer libro, no se mencionan contenidos tratados anteriormente ni se alude al desarrollo histórico del concepto, pero destaca la importancia del estudio del contenido en base a ejemplos de la vida cotidiana y alguna aplicación tecnológica. No se hace comentario sobre la imagen mostrada.

“Ondas de muchos tipos atraviesan continuamente el mundo... El sonido, la luz, las ondas de radio y de la televisión, los rayos ultravioletas o las microondas son algunos ejemplos de ondas”

ii. Desarrollo del capítulo

1. Texto escrito

“Si lanzamos una piedra al agua, observamos que en la superficie de esta aparece una onda en forma de círculo que extiende la perturbación por toda la superficie; pareciera que el agua se desplaza con la onda. Para demostrar que esto no es así, se puede poner sobre la superficie del agua trozos de corcho flotando, y comprobar que, al ser atrapados por la onda, los trozos de corcho suben y bajan, pero no se desplazan”

“Pero, como se generan y se propagan las ondas? Hay un modelo que nos puede ayudar a contestar estas preguntas. Cogemos un muelle que tiene un extremo fijo...Traslademos este modelo a las ondas”

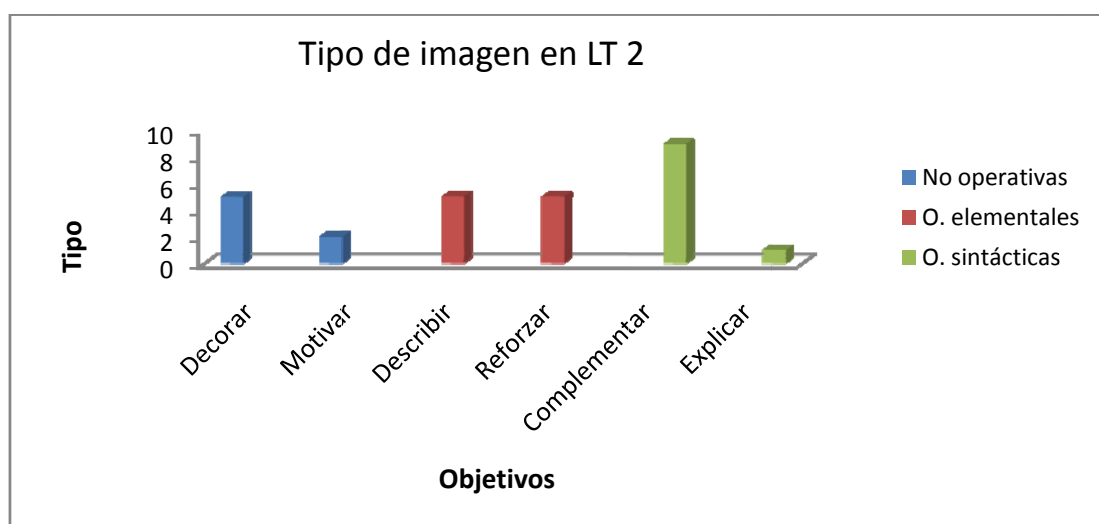
“Las ondas sonoras son ondas longitudinales, ya que las partículas de aire vibran en la misma dirección que se propaga la onda” [La definición es la justificación]

“Desde pequeños, los niños y las niñas aprenden a diferenciar los sonidos que les rodean... todos estos sonidos son diferentes y la diferencia se basa en tres características: el tono, la intensidad y el timbre”

2. Imágenes

En el capítulo hay un total de 27 imágenes.

| TIPO | CANTIDAD SEGÚN OBJETIVOS | | | | | |
|----------------|--------------------------|---------|----------|-----------|--------------|----------|
| | decorar | motivar | Reforzar | describir | complementar | explicar |
| no operativas | 5 | 2 | | | | |
| o. elementales | | | 5 | 5 | | |
| o. sintácticas | | | | | 9 | 1 |



3. Actividades prácticas

A lo largo del capítulo el libro propone la realización de tres actividades prácticas (co-contenido). Todas de simple montaje y realización, y con uso de materiales

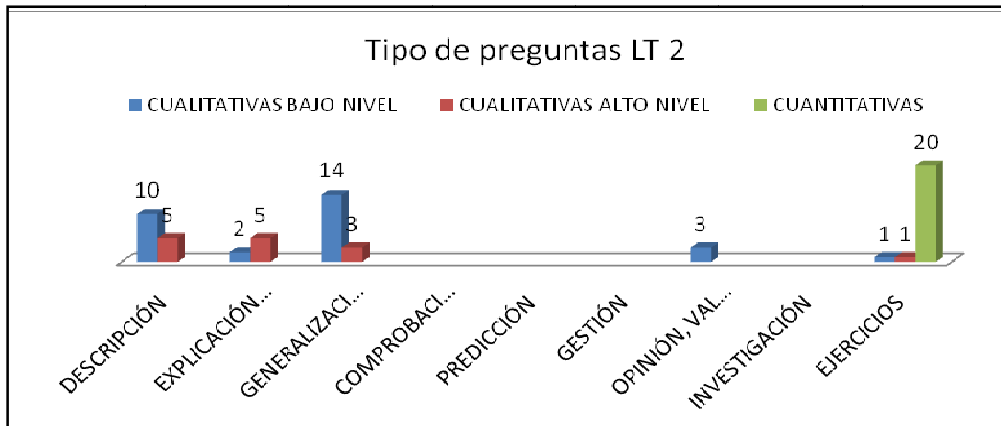
cotidianos. En cada una de ellas se plantean preguntas para conectar con las ideas teóricas explicadas, pero no se entregan respuestas ni conclusiones.

| Actividad | Orientación | Tipo | Objetivo |
|--|---------------------|--------------|------------------|
| Actividad 1 “Ondas en el agua” | Individual | Confirmación | Comprobar teoría |
| Actividad 2 “Medida de la frecuencia de un péndulo” | Grupal | Confirmación | Comprobar teoría |
| Actividad 3 “Ondas longitudinales en un muelle” | Individual o grupal | Aplicación | Aplicar teoría |

4. Preguntas

El LT2 propone un total de 54 preguntas de diverso tipo tal como muestra la tabla y gráfica siguientes

| CATEGORIAS | TIPOS | | |
|----------------------------|--------------|------------|---------------|
| | CUALITATIVAS | | CUANTITATIVAS |
| | BAJO NIVEL | ALTO NIVEL | |
| DESCRIPCIÓN | 10 | 5 | |
| EXPLICACIÓN CAUSAL | 2 | 5 | |
| GENERALIZACIÓN, DEFINICIÓN | 14 | 3 | |
| COMPROBACIÓN | | | |
| PREDICCIÓN | | | |
| GESTIÓN | | | |
| OPINIÓN, VALORACIÓN | 3 | | |
| INVESTIGACIÓN | | | |
| EJERCICIOS | 1 | 1 | 20 |



5. Sugiere bibliografía adicional: No

III. ASPECTOS DEL CONTENIDO

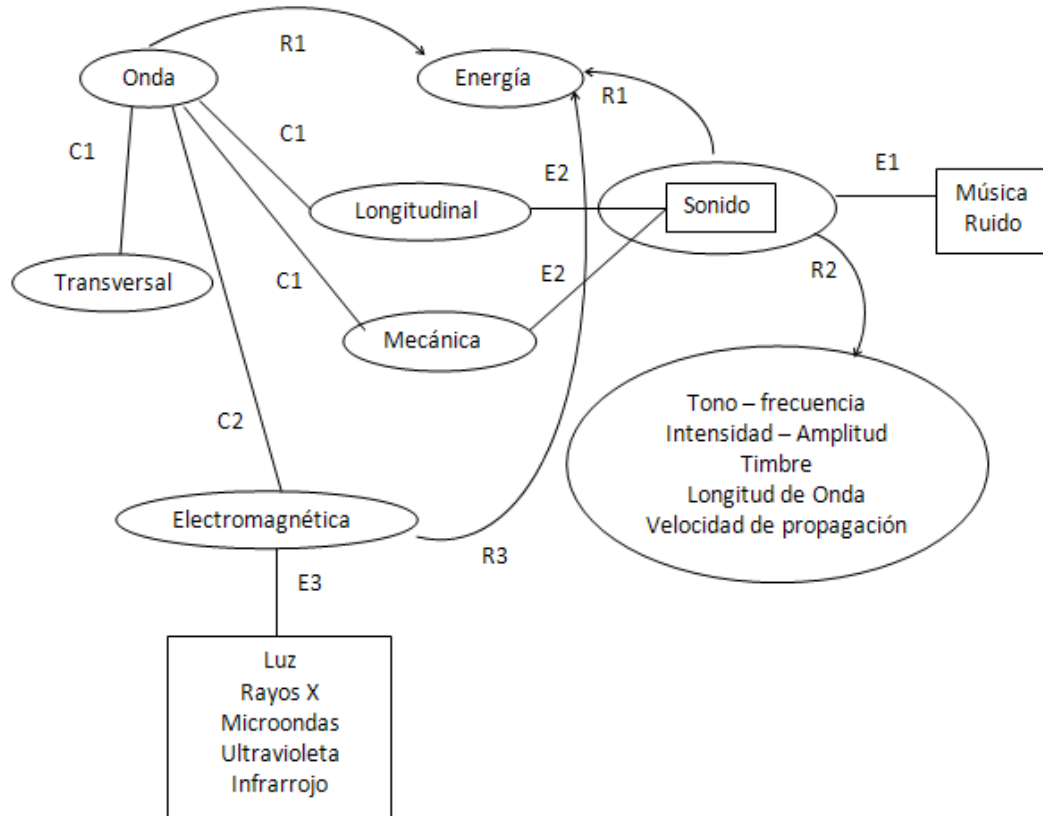
1. Índice

El capítulo escogido para el análisis lleva por nombre: “Ondas” (capítulo 8)

Contenido del capítulo “Ondas”:

1. ¿Qué es una onda?
2. Ondas Sonoras
3. Las características de sonido
4. La propagación de sonido
5. Ondas electromagnéticas

2. Red Conceptual LT2



R1: Propagación de la energía. Los conceptos “onda” y “sonido” se definen como formas de propagación del concepto “energía”

R2: El sonido tiene características que se relacionan con las características propias de todas las ondas, ya que el sonido es una clase de onda (C1)

C1: Las ondas pueden ser transversales o longitudinales, según la forma como se propagan, o pueden ser mecánicas o electromagnéticas según si necesitan o no un medio para propagarse.

E1: “La música o el ruido son ejemplos de sonidos”

E2: El sonido es un ejemplo de onda longitudinal y mecánica

E3: La luz, los rayos X, etc... son ejemplos de Ondas Electromagnéticas

4.1.2 Libros Digitales

En el caso de los libros de formato digital, se analizaron tres de diferentes editoriales y niveles (2º y 4º de la E.S.O.). A continuación los datos extraídos para cada uno.

4.1.2.1 Libro Digital 1

Ficha técnica del LD1:

Nombre: Física y Química

Nivel: 4º E.S.O.

Autores: Desconocidos

Año: 2009-2010

Editorial: Aula Digital-Text

Idioma: Castellano

I. ASPECTOS RETÓRICOS

1. Modelo de ciencia: Dogmático Afirmativo

“Para entender bien las ondas, lo primero que hay que tener claro es que las ondas transportan energía pero no materia”

“Una de las características más representativas de las ondas es el movimiento de oscilación o de vibración al que dan lugar. Este movimiento puede ser de dos tipos: transversal y longitudinal”

“Las ondas sonoras tienen una serie de características que permiten distinguir todos estos rasgos: la intensidad, el tono y el timbre”

2. Modelo de lector: Discípulo

“Aunque no las hayas visto nunca, las ondas de sonido producen un tipo diferente de oscilación en el medio por el que se desplazan”

“cuando un sonido llega a nuestro oído, podemos distinguir si se trata de la voz de un hombre o de una mujer, o si proviene de una trompeta o de una guitarra...”

“¿Te has fijado alguna vez en la onda que se produce cuando sacudes una cuerda o cuando se lanza una piedra a un lago? En estos casos...”

3. Modelo Didáctico: Transmisión

“Para entender bien las ondas lo primero que hay que tener claro es que las ondas transportan energía pero no materia”

“Como sabes la energía se transmite de un lugar a otro por contacto entre cuerpos”

4. Factualidad: Hechos Cotidianos y Académicos

“En el caso de una onda que se propaga a lo largo de una cuerda, esta energía hace oscilar arriba y abajo las partículas de la cuerda”

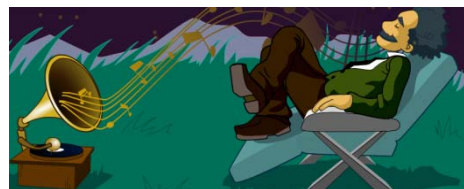
“Cuando un sonido llega a nuestro oído, podemos distinguir si se trata de la voz de un hombre o de una mujer, o si proviene de una trompeta, de un violín...”

II. ASPECTOS SEMIÓTICOS

i. Introducción del capítulo

Comentario general.

La introducción lleva por título *“¿Qué es una onda?”* y menciona ejemplos cotidianos de sonidos y luz como ejemplos de ondas.



1. Imágenes

El texto es acompañado de una animación (imagen dinámica **No operativa**) netamente **decorativa** que simboliza notas musicales saliendo de un tocadiscos.

2. Texto escrito

“La luz del sol y de las estrellas, la de un fluorescente o de una bombilla, la música clásica y la de discoteca... todo esto son ondas.”

Si te fijas en estos ejemplos, seguro que ya puedes distinguir dos tipos de ondas: la luz visible, que forma parte de un conjunto más amplio de ondas llamado espectro electromagnético, y las ondas sonoras.”

ii. Desarrollo del capítulo

1. Texto escrito

“Las ondas electromagnéticas reciben este nombre porque en realidad son campos eléctricos y magnéticos que oscilan y se desplazan por el espacio”

[Único libro que lo menciona]

“Cómo ya hemos visto hay muchos tipos de ondas diferentes, desde una conversación al oído hasta la explosión de una estrella supernova, pasando por las olas del mar y los terremotos. Todas las ondas, ya sean longitudinales o transversales, sonoras o electromagnéticas, se caracterizan por unas magnitudes físicas que se pueden medir. Estas magnitudes físicas nos permiten obtener información sobre la onda y saber a qué tipos de fenómenos podrá dar lugar”

“Si nos fijamos en todas las ondas que hemos estudiado hasta ahora, veremos que en todas ellas la perturbación recorre una distancia igual a la longitud de onda en el tiempo de un período...”

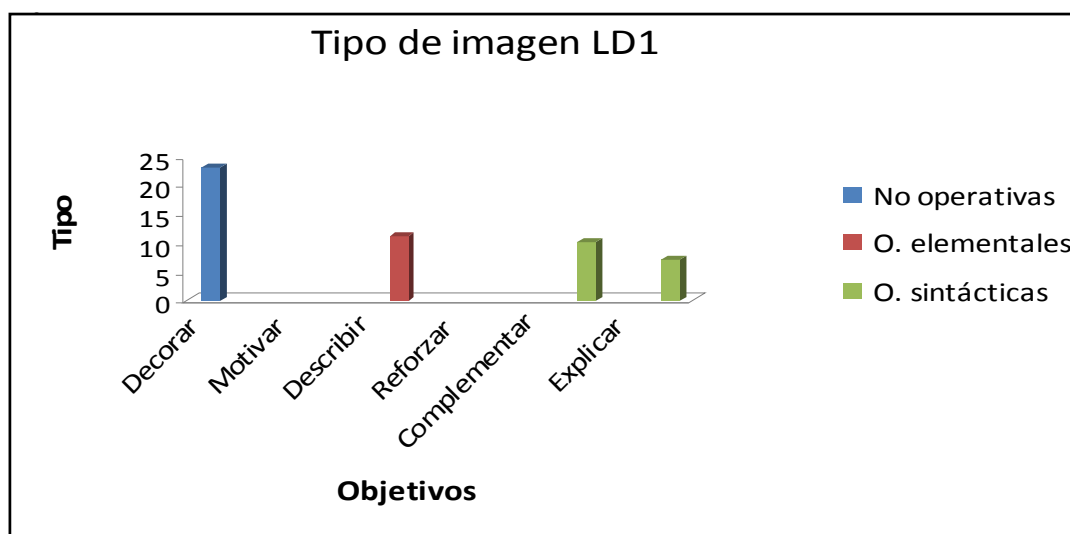
“La luz siempre ha despertado la curiosidad de los científicos. Se han propuesto muchas teorías para explicarla, pero esencialmente, el debate ha sido siempre si está formada por ondas o por partícula [...] ¡No sabemos que es la luz! ¡Lo único que podemos decir es que en función de las circunstancias se comporta como una onda electromagnética o como partículas! En este capítulo estudiaremos la luz y los fenómenos que produce, entendiéndola como una onda electromagnética”

2. Imágenes

El LD1 presenta 51 imágenes a lo largo del capítulo con diversos objetivos.

| TIPO | CANTIDAD SEGÚN OBJETIVOS | | | | | |
|----------------|--------------------------|---------|----------|-----------|--------------|----------|
| | decorar | motivar | Reforzar | describir | complementar | Explicar |
| No operativas | 23 | | | | | |
| o. elementales | | | 11 | | | |
| o. sintácticas | | | | | 10 | 7 |

Se destaca la presencia de imágenes mayormente decorativas, que no e



formación relevante para el estudio del contenido.

3. Actividades prácticas:

En este caso las actividades prácticas que el libro plantea son más bien ejercicios interactivos, o sea, actividades que requieren del uso del ordenador para realizarlas y que no sugieren ningún tipo de actividad experimental. Sin embargo, no pueden ser consideradas preguntas tampoco por lo que las consideramos actividades prácticas sin carácter experimental.

| Actividad | Orientación | Tipo | Objetivo |
|---|-------------|--------------|------------------|
| Actividad 1 "Cubeta de ondas" | Individual | Confirmación | Comprobar teoría |
| Actividad 2 "No me chilles que no te | Individual | Aplicación | Aplicar teoría |

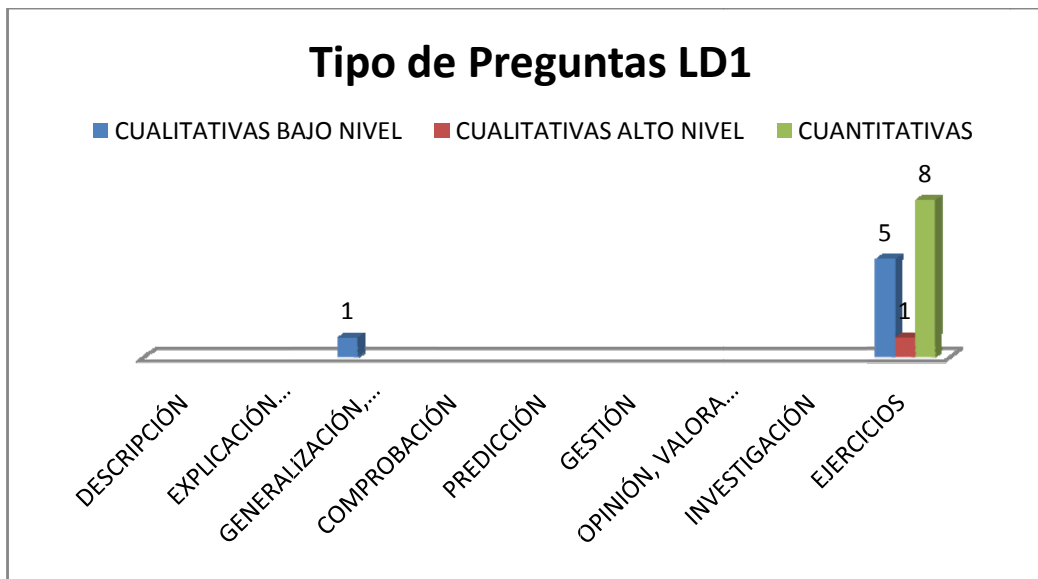
| | | | |
|--|------------|-------------|------------------------|
| veo” | | | |
| Actividad 3 “Un espectro bien ordenado” | Individual | Aplicación | Aplicar teoría |
| Actividad 4 “Diálogo sobre la máxima velocidad” | Individual | Indagatoria | Introducir un concepto |
| Actividad 5 “Alerta galáctica” | Individual | Aplicación | Aplicar teoría |

Una característica destacable en este tipo de actividades es su individualidad, lo cual se contrapone con la concepción de actividad experimental tradicional donde predominan los trabajos grupales.

4. Preguntas

En este caso se plantean 15 preguntas en total.

| CATEGORIAS | TIPOS | | |
|-------------------------------|--------------|------------|---------------|
| | CUALITATIVAS | | CUANTITATIVAS |
| | BAJO NIVEL | ALTO NIVEL | |
| DESCRIPCIÓN | | | |
| EXPLICACIÓN CAUSAL | | | |
| GENERALIZACIÓN, DEFINICIÓN | 1 | | |
| COMPROBACIÓN | | | |
| PREDICCIÓN | | | |
| GESTIÓN | | | |
| OPINIÓN, VALORACIÓN | | | |
| INVESTIGACIÓN | | | |
| EJERCICIOS | 5 | 1 | 8 |



5. No sugiere bibliografía adicional

III. ASPECTOS DEL CONTENIDO

1. Índice

El capítulo escogido para el análisis lleva por nombre: "Ondas" (capítulo 4)

Contenido del capítulo "Ondas":

- 1) EL movimiento ondulatorio
- 2) Características de las ondas
- 3) El sonido
 - i. El aparato fonador y el oído
- 4) La luz
 - i. El ojo humano
 - b. Dispersión y polarización de las luz
 - i. Interferencias

2. Red Conceptual LD1

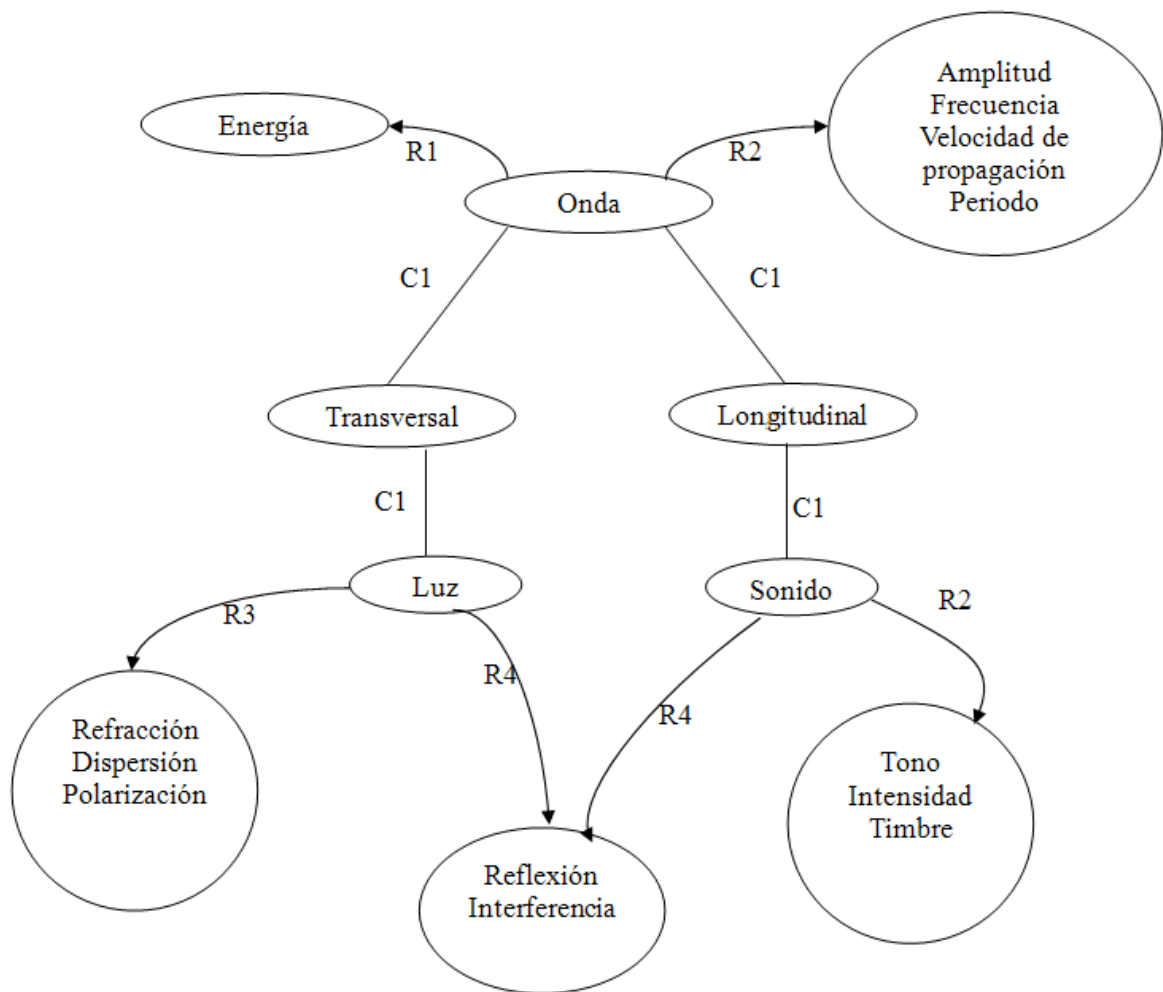


Ilustración 18. Red conceptual Libro digital 1

R1: Una onda transmite energía (a través de la propagación de la perturbación que la genera)

C1: Existen diferentes tipos de ondas como las Longitudinales y Transversales. El sonido es un tipo de onda longitudinal y la luz un tipo de onda transversal.

R2: Las Ondas tienen características. El sonido tiene cualidades propias que lo caracterizan.

R3: Refracción, polarización y dispersión son fenómenos atribuirles a la luz y sus características.

R4: Tanto el sonido como la luz se pueden reflejar e interferir. Reflexión e interferencia son fenómenos ondulatorios atribuibles a ambos tipos de onda

4.1.2.2 Libro Digital 2

Ficha técnica del libro:

Nombre: Ciències de la naturalesa

Nivel: 2º E.S.O.

Autores: Desconocidos

Año: 2009-2010

Editorial: Teide Digital

Idioma: Catalán

En este caso, son dos los capítulos de interés. Sonido y Luz son temas tratados en capítulos independientes pero continuos, así que los datos se han considerado en su totalidad para facilitar el análisis del libro visto en su globalidad.

I. ASPECTOS RETÓRICOS

1. Modelo de Ciencia: Afirmativo

“Si la fuente puntual se reemplaza por una fuente extensa, como sería la luz de una mesa, entonces el contorno de la sombra se difumina”

“Cuando la luz choca con un objeto, puede pasar una de las situaciones siguientes:...”

“Todo movimiento vibratorio se caracteriza por la amplitud y la frecuencia”

“Las cualidades que caracterizan un sonido son:...”

2. Modelo de Lector: Discípulo

“Cuando produces un sonido, cuando hablas o tocas un instrumento, el sonido se propaga a otros lugares. La propagación del sonido se produce de la misma manera que una perturbación en la superficie del agua. Si tiras una piedra al agua, verás que aparece una onda en forma de circula que propaga la perturbación por toda la superficie”

“Cuando un rayo de luz incide sobre una superficie lisa, se refleja como se indica en la figura”

3. Modelo Didáctico: Transmisión

“Los rayos de luz se desvían cuando atraviesan materiales como el vidrio y el agua”

“El sonido se propaga en los gases, en los líquidos y en los sólidos, pero no se propaga en el vacío”

4. Factualidad (Hechos): Simbólicos

“Cuando miramos un objeto lejano, la imagen que se forma está invertida, es más pequeña que el objeto y se puede recoger sobre una pantalla situada entre la lente y nosotros”

II. ASPECTOS SEMIÓTICOS

i. Introducción del capítulo

No hay introducción en ninguno de los dos capítulos revisados

ii. Desarrollo del capítulo

1. Texto escrito

“Hay una gran variedad de sonidos. Unos son agradables, como la música, y otros desagradables como el ruido. Así mismo, todos tienen en común que son producidos por un objeto cuando vibra.”

“El gráfico que hace un osciloscopio nos permite determinarle la amplitud y la frecuencia”

“Qué es lo que realmente entra en nuestros ojos cuando vemos alguna cosa? Esta es una pregunta difícil de contestar”

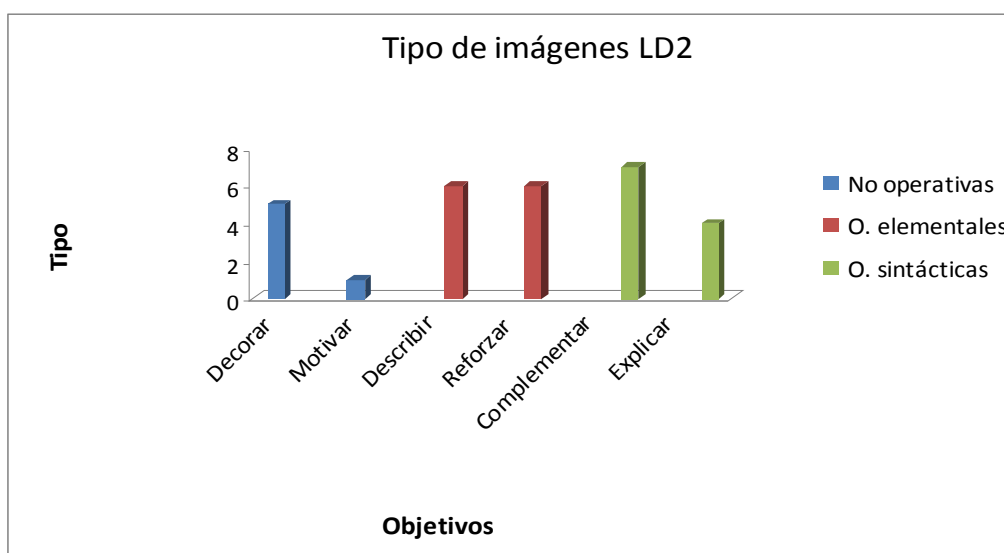
“Con los conocimientos que tenemos de la refracción, podemos predecir cómo se comportará un rayo de luz que atraviese un prisma”

“Un haz fino de luz blanca que incide sobre un prisma no solo es desviado, sino que se separa en un haz más amplio de diferentes colores... Este hecho nos hace pensar que la luz blanca es una luz compuesta por los siete colores del arco de San Martín...”

2. Imágenes

Considerando el libro en su totalidad (ambos capítulos juntos), se incorporan 51 imágenes en total

| TIPO | CANTIDAD SEGÚN OBJETIVOS | | | | | |
|----------------|--------------------------|---------|----------|-----------|--------------|----------|
| | decorar | motivar | Reforzar | describir | complementar | Explicar |
| No operativas | 5 | 1 | | | | |
| o. elementales | | | 6 | 6 | | |
| o. sintácticas | | | | | 7 | 4 |



3. Actividades prácticas

El libro propone realizar tres actividades Co-contenido que son de simple realización, con materiales cotidianos y que no requiere montaje experimental.

| Actividad | Orientación | Tipo | Objetivo |
|---|-------------|-------------|---------------------|
| Actividad 1 Observación de lo que ocurre cuando incide luz sobre diferentes materiales | Individual | Indagatoria | Introducir concepto |
| Actividad 2 "Relación entre la amplitud y la intensidad" | Individual | Indagatoria | Introducir concepto |

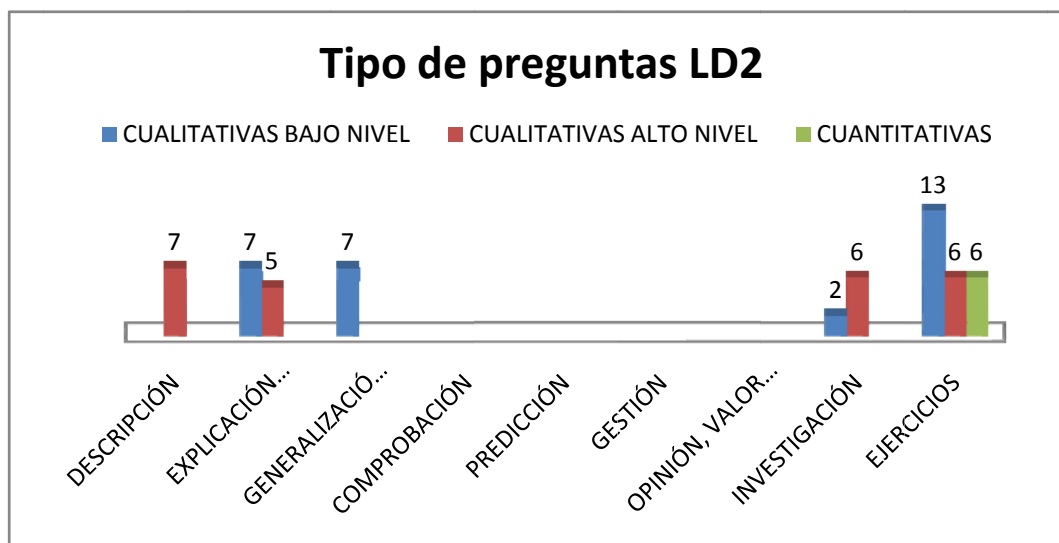
| | | | |
|-------------------------------------|------------|--------------------------------|---|
| Actividad 3 "Ondas en el muelle" | Individual | Confirmación | Comprobar teoría |
| Actividad 4 "Ondas en el agua" | Individual | Confirmación | Comprobar teoría |
| Actividad 5 "Cámara oscura" | Individual | Indagatoria y de Aplicación | Introducir un concepto y Aplicar teoría |

En el caso de la actividad 5, una misma actividad pertenece a dos categorías dado que las preguntas que formula y que guían el trabajo práctico buscan ambos objetivos aquí señalados.

4. Preguntas

Considerando ambos capítulos en conjunto, el libro propone 59 preguntas distribuidas como se indica en la siguiente tabla t posterior gráfica, pudiendo observarse la tendencia hacia los ejercicios de baja complejidad, sobre todo por el uso de elementos interactivos para completar diagramas, seleccionar alternativas o ubicar piezas, entre otros tipos.

| CATEGORIAS | TIPOS | | |
|-------------------------------|--------------|------------|---------------|
| | CUALITATIVAS | | CUANTITATIVAS |
| | BAJO NIVEL | ALTO NIVEL | |
| DESCRIPCIÓN | | 7 | |
| EXPLICACIÓN CAUSAL | 7 | 5 | |
| GENERALIZACIÓN, DEFINICIÓN | 7 | | |
| COMPROBACIÓN | | | |
| PREDICCIÓN | | | |
| GESTIÓN | | | |
| OPINIÓN, VALORACIÓN | | | |
| INVESTIGACIÓN | 2 | 6 | |
| EJERCICIOS | 13 | 6 | 6 |



5. Sugiere bibliografía adicional: No

III. ASPECTOS DEL CONTENIDO

En este caso tenemos dos redes conceptuales, una para el capítulo de Luz y otra para el capítulo de Sonido. Como se podrá ver a continuación, ambas redes (o capítulos) comparten un único concepto en común (Reflexión) por lo que establecer una conexión o relación entre ambas redes no tiene sentido si lo que se pretende es obtener una visión global del libro. Precisamente el no poder establecer dicha conexión se puede traducir en un indicio de que ambos contenidos no serán tratados del mismo modo en base a los mismos fundamentos teóricos.

Veamos cada caso donde cada red se presenta, por separado, a continuación del índice de contenido correspondiente a cada capítulo.

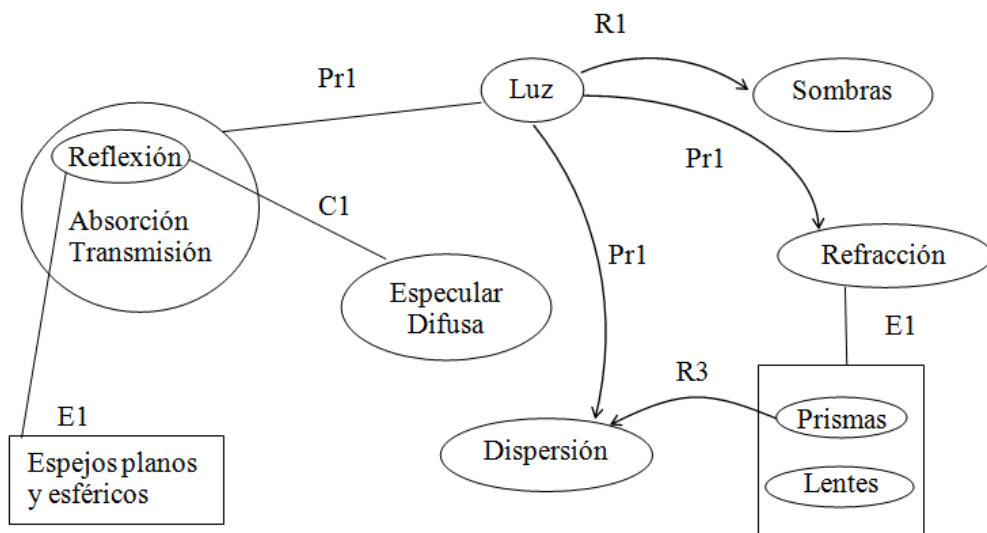
1. ÍNDICE: CAPÍTULO LUZ

1. ¿Qué es la luz?

- a) ¿Qué objetos emiten luz?
- b) ¿Cómo se propaga la luz?
- c) ¿Cómo se forman las sombras?
- d) ¿Cómo se comportan los objetos cuando les incide luz?

- e) Cómo se comportan los objetos cuando les incide la luz?
2. Espejos planos
 3. La reflexión
 - a) Espejos esféricos
 4. La refracción
 - a) Prismas
 - b) Lentes
 5. Trayectoria de rayos a través de lentes
 6. Lectura: La cámara fotográfica
 7. Actividades finales

2. Red Conceptual LD2: “La luz”



R1: La luz viaja en línea recta. Las sombras se producen porque se interrumpe el paso de la luz.

Pr1: La luz puede ser reflejada, absorbida o transmitida por diversos materiales. Del mismo modo tiene la propiedad de refractarse y dispersarse.

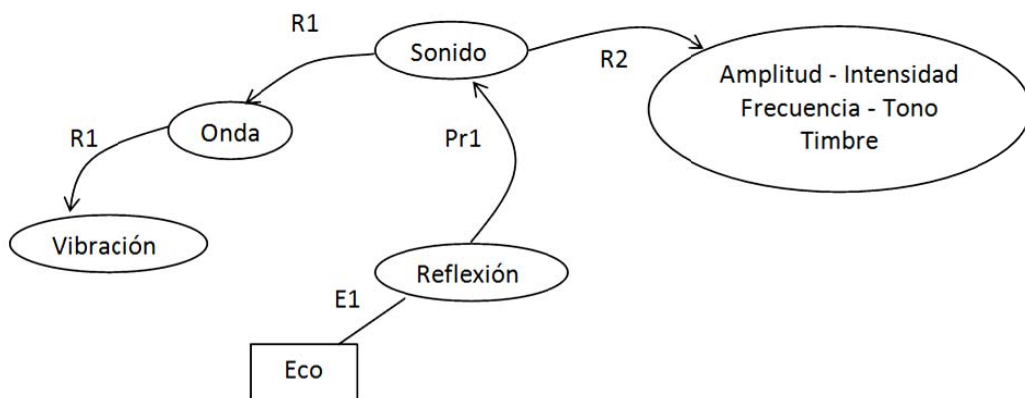
E1: Los Prismas y las lentes son ejemplos de situaciones donde podemos evidenciar la refracción de la luz, así como los espejos en el caso de la reflexión.

C1: Existen dos tipos de reflexión, la especular y la difusa

3. INDICE Capítulo 8: “El Sonido”

1. Producción del sonido
2. Las cualidades del sonido
3. El sonido se propaga mediante ondas
4. Visualización de las ondas sonoras
5. Lecturas: El eco y la reverberación
6. Actividades finales

4. Red Conceptual LD2: “El Sonido”



R1: Propagación. Las ondas son la propagación de la vibración. El sonido se propaga mediante ondas

R2: Todo movimiento vibratorio, y por ende el sonido, tiene características

Pr1: El sonido se puede reflejar. La reflexión es un fenómeno del sonido que ocurre cuando la onda rebota al llegar a un medio

E1: El eco es originado por la reflexión del sonido.

4.1.2.3 Libro digital 3

Ficha técnica del libro:

Nombre: Ciencias de la naturaleza

Nivel: 2º E.S.O.

Autores: Desconocidos

Año: 2009-2010

Editorial: Aula Digital-Text

Idioma: Castellano

I. ASPECTOS RETÓRICOS

1. Modelo de ciencia: Afirmativo

“La luz, por lo tanto, transmite energía de un lugar a otro en forma de radiación”

“La luz, si no encuentra obstáculos y el medio es uniforme, viaa en línea recta”

“Cómo el sonido es una vibración de un medio, no puede viajar por el vacío”

2. Modelo de Lector: Discípulo

“Seguramente habrás visto imágenes grabadas por la noche en películas o en reportajes bélicos del planeta. Cómo habrás podido comprobar, a pesar de la falta de luz, de noche también es posible ver”

“Cómo ya sabes, el sonido viaja por el aire y por el agua”

3. Modelo Didáctico: Transmisivo

“Cuando encendemos una bombilla en una habitación oscura, vemos todo lo que hay porque la energía emitida por la bombilla en forma de radiación llega hasta nuestros ojos después de rebotar por toda la habitación. La luz, por lo tanto, transmite energía de un lugar a otro en forma de radiación”

“La luz si no encuentra obstáculos y el medio es uniforme, viaja en línea recta. Además, no necesita ningún tipo de medio material para propagarse”

4. Factualidad: Hechos Académicos

“Cuando gritamos “¡Eco!” ante la pared de una gran montaña, volvemos a oír “¡Eco!” porque el sonido que hemos emitido rebota en la montaña y nos llega a los oídos”

“La reflexión de la luz se produce de forma similar a la manera en que rebota una pelota en una pared”

II. ASPECTOS SEMIÓTICOS

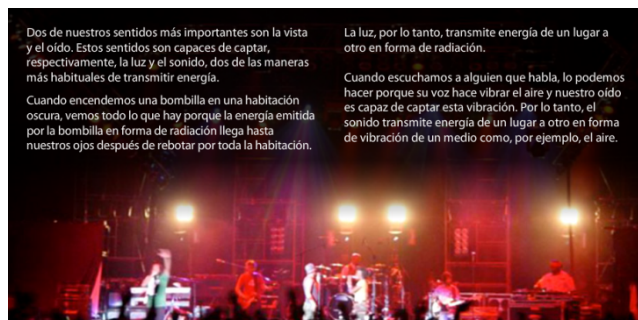
i. Introducción del capítulo

Comentario general:

La introducción está orientada hacia mostrar la cotidianidad del contenido y desde ahí motivar su estudio

1. Imágenes

Se presenta la introducción plasmada sobre la imagen de un concierto (**No operativa**) con fines decorativos y cuya relación con el contenido solo cobra sentido al leer el texto escrito, tal como se muestra en el punto siguiente.



2. Texto escrito

En la introducción no se mencionan contenidos tratados previamente, aunque se usa el concepto “energía” en relación con la luz y el sonido. Dicho concepto, se deduce, debe haber sido tratado previamente para que ahora el autor lo pueda utilizar. No se plantea pregunta alguna, no alude al desarrollo histórico del contenido ni menciona aplicaciones tecnológicas.

“Dos de nuestros sentidos más importantes son la vista y el oído. Estos sentidos son capaces de captar, respectivamente, la luz y el sonido, dos de las maneras más habituales de transmitir energía”

Hablar de los sentidos permite un primer acercamiento al contenido dándole un carácter de cotidianidad.

ii. Desarrollo del capítulo

1. Texto Escrito

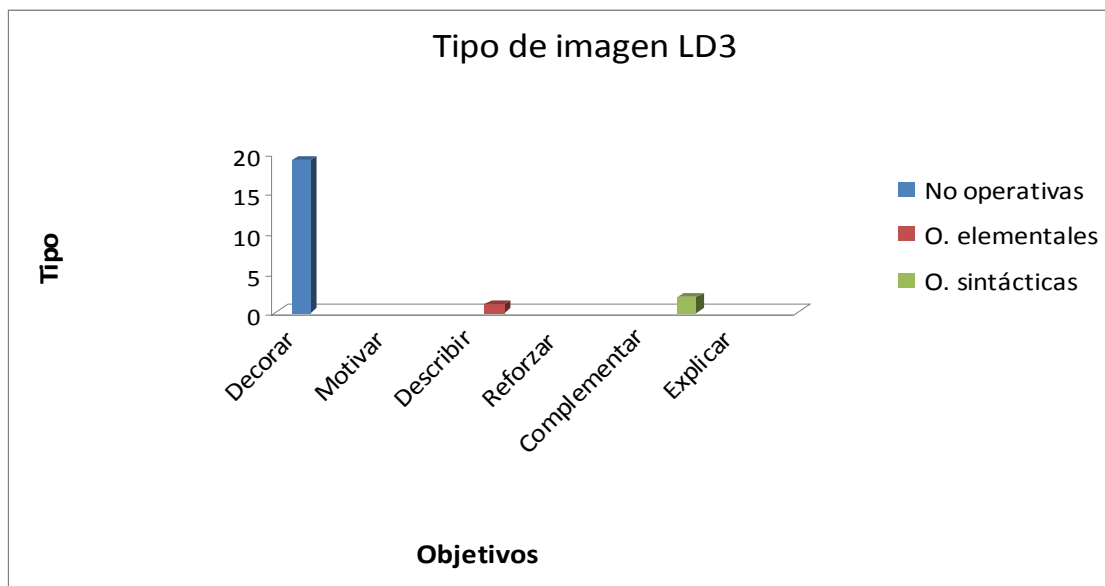
“El ojo humano es sensible a un determinado tipo de luz, llamada luz visible que conforman los siete colores del arco iris.”

“El fenómeno de la refracción es la base de las lentes, de los vidrios de las gafas, de los objetivos de las cámaras fotográficas y de vídeo, de los telescopios, de los microscopios, de los binóculos, e, incluso, del cristalino de nuestros ojos”

2. Imágenes

El capítulo incorpora un total de 22 imágenes

| TIPO | CANTIDAD SEGÚN OBJETIVOS | | | | | |
|----------------|--------------------------|---------|----------|-----------|--------------|----------|
| | decorar | motivar | Reforzar | describir | complementar | Explicar |
| No operativas | 19 | | | | | |
| o. elementales | | | 1 | | | |
| o. sintácticas | | | | | 2 | |



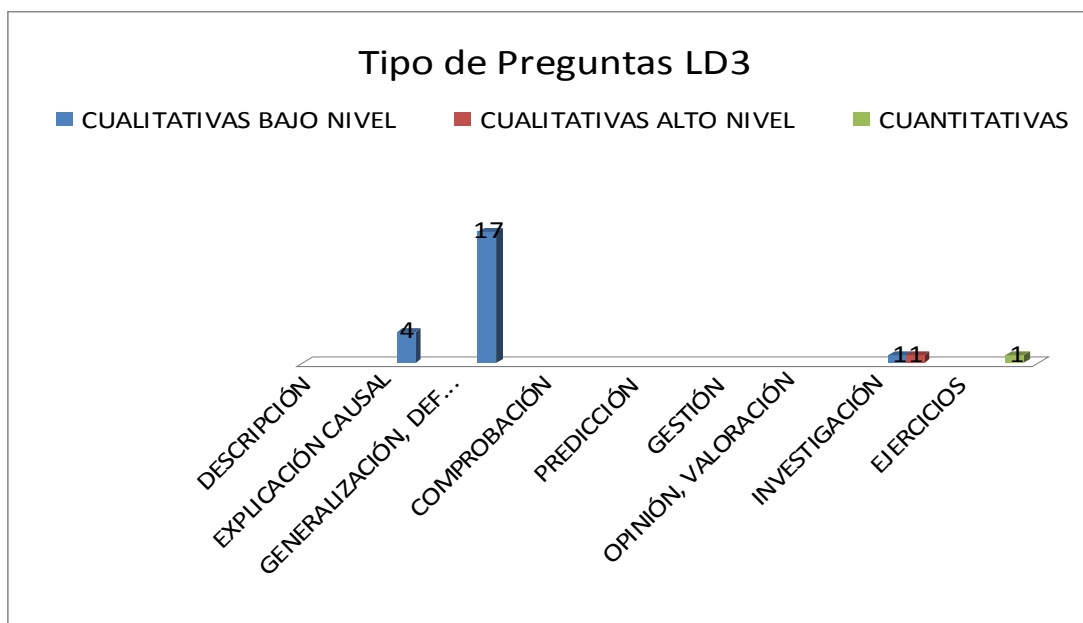
3. Actividades Prácticas

Se propone una actividad para realizar a modo individual y que es de tipo **indagatoria** utilizada para **detectar ideas previas** sobre la formación de imágenes.

4. Preguntas

Son 24 preguntas en total las propuestas por este libro

| | CUALITATIVAS | | CUANTITATIVAS |
|----------------------------|--------------|------------|---------------|
| | BAJO NIVEL | ALTO NIVEL | |
| DESCRIPCIÓN | | | |
| EXPLICACIÓN CAUSAL | 4 | | |
| GENERALIZACIÓN, DEFINICIÓN | 17 | | |
| COMPROBACIÓN | | | |
| PREDICCIÓN | | | |
| GESTIÓN | | | |
| OPINIÓN, VALORACIÓN | | | |
| INVESTIGACIÓN | 1 | 1 | |
| EJERCICIOS | | | 1 |



5. Sugiere bibliografía adicional: No

III. ASPECTOS DEL CONTENIDO

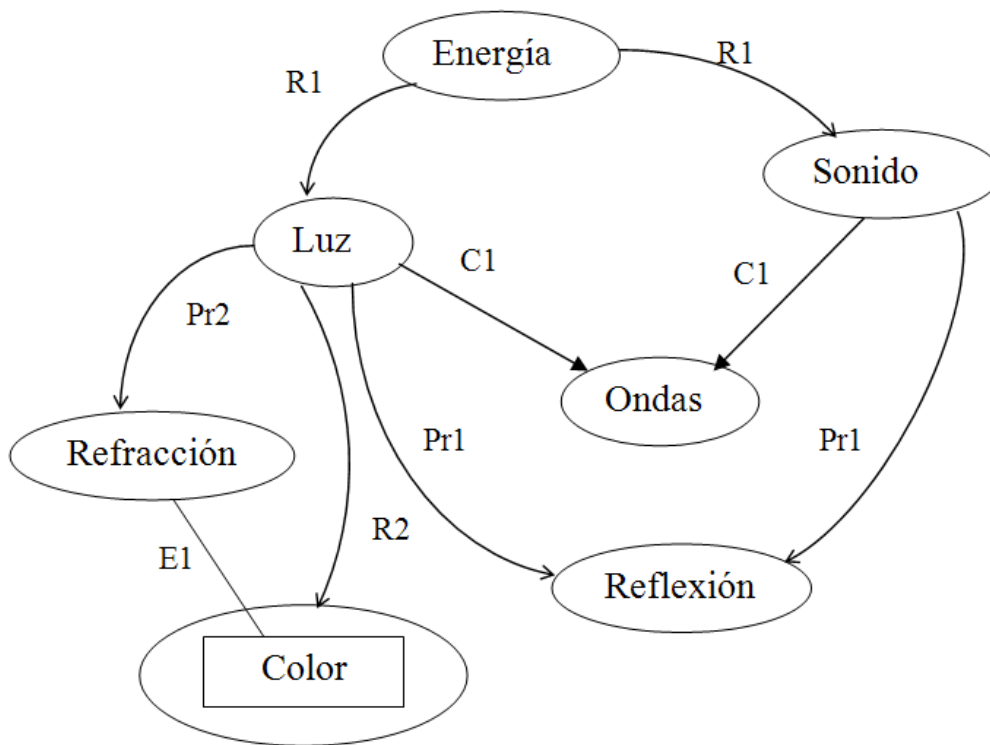
El capítulo escogido para el análisis lleva por nombre: “Luz y Sonido” (capítulo 5.3) y está dentro de una sección mayor llamada “Transferencia de energía” (capítulo 5) donde le preceden el capítulo 5.1 “Calor y Temperatura” y el capítulo 5.2 “Transmisión del calor”.

1. INDICE

Contenido del capítulo “Luz y Sonido”:

1. ¿Cómo se propaga la luz?
2. ¿Cómo se propaga el sonido?
3. La reflexión
4. La refracción
5. Descomposición de la luz: colores
6. Contaminación lumínica
7. Contaminación acústica

2. Red Conceptual LD3



R1: La luz y el sonido son manifestaciones de transmisión de energía

C1: La luz y el sonido son tipos de ondas

Pr1: Tanto la luz como el sonido se pueden reflejar

Pr2: La luz puede refractarse

R2: Los colores se forman cuando la luz solar se descompone

E1: El color es un ejemplo de lo que ocurre cuando la luz entra en un prisma y se refracta en dos de sus caras.

4.2 Correlación de los datos

Aunque el término “*Correlación*” se utiliza más bien en el campo de la estadística, aquí recurrimos a él a partir de su definición considerándolo como la correspondencia o relación recíproca entre dos o más cosas, ideas, personas, etc.⁵

En este sentido, se busca establecer una primera relación entre los datos extraídos para direccionar la interpretación posterior y de este modo esclarecer de donde van surgiendo todas las relaciones que podemos establecer entre los diversos elementos involucrados (retóricos, semióticos y del contenido).

La correlación realizada a nuestros datos consta de dos partes:

I. Identificación de unidades conceptuales en general

A partir de las redes conceptuales elaboradas para cada libro se identifican los conceptos que cumplen un rol estructurante dentro de cada capítulo y que son utilizados con mayor frecuencia por todos los libros revisados. De este modo podemos tener una primera impresión general de cómo los libros estructuran el contenido y cuáles son los conceptos relevantes y más utilizados por ellos para hablar de las ondas.

Para cada una de las unidades conceptuales identificadas, se buscan los elementos semióticos y retóricos que hacen referencia a cada una de ellas, y que son las utilizadas por cada libro para hablar de dicho concepto.

En otras palabras, para cada una de las unidades conceptuales, se observarán aquellas palabras y frases, imágenes, preguntas y actividades prácticas que en cada capítulo ayudan a construir un significado en torno a dicha unidad conceptual.

De este modo se podrá establecer una primera comparación entre los diferentes libros, observando similitudes y diferencias en el tratamiento del contenido en cuestión.

II. Relaciones teórico-factuales por libro

La observación detallada de los diversos elementos que cada libro utiliza para hablar, referirse o transmitir una idea sobre las diferentes unidades

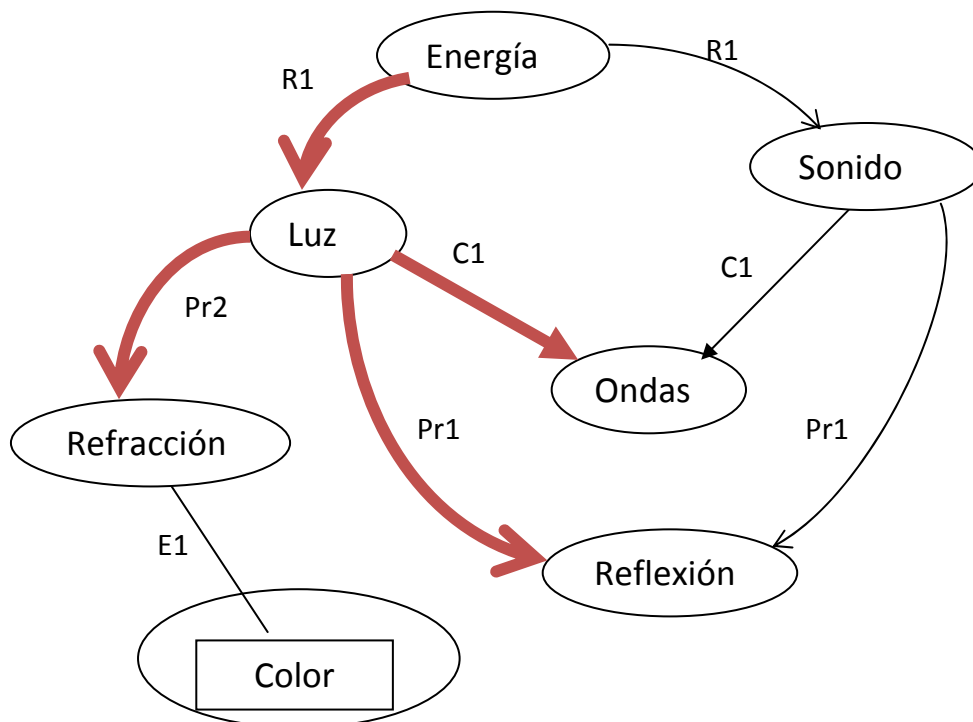
⁵ <http://www.wordreference.com/definicion/correlacion>, Junio,, 2011

conceptuales, ha permitido identificar conceptos para los cuales el libro da un carácter fenomenológico a través de los ejemplos, analogías y representaciones que utiliza para referirse a ellos. De este modo se pueden distinguir dentro de las redes conceptuales elaboradas para cada capítulo, ciertas relaciones que llamaremos “teórico-factuales” por ser aquellas en que los libros conectan de algún modo lo teórico con lo práctico, lo real con lo conceptualmente construido. De este modo nos acercamos hacia una posible interpretación e identificación de la conexión que el libro busca establecer, en caso de que así sea, entre el conocimiento científico y los hechos del mundo.

4.1.1. Identificación de unidades conceptuales en general

Como anteriormente se ha mencionado llamaremos “Unidades conceptuales” a aquellos conceptos que cumplen el rol de ‘estructurar’ el contenido en cada capítulo analizado generando en torno a ellos las ideas centrales de lo que se quiere comunicar.

A partir de las redes conceptuales construidas (mapas de Thagard) se puede observar que hay conceptos de los cuales se desprenden una mayor cantidad de relaciones que de otros. Tal sería el caso, por ejemplo, del concepto “Luz” en el Libro tradicional 3, donde tal concepto está relacionado con otros cuatro siendo el que en más relaciones se involucra:



Esta observación nos permite distinguir cuáles son aquellos conceptos más “relacionados”, o como diremos en adelante, más relevantes en cada libro revisado. La tabla 5 resume las observaciones, diferenciando los conceptos en tres niveles de relevancia (por considerar sólo los conceptos más estructurantes) tal como indica el siguiente diagrama:



Mayor número de relaciones

Menor número de relaciones

Ilustración 19. Niveles de relevancia de las unidades conceptuales

En la tabla 5, se presentan los conceptos considerados relevantes para cada libro y llevan entre paréntesis el número de relaciones asociadas:

| Relevancia Libro | Primer nivel | 2º nivel | 3er nivel |
|---------------------|---------------------|------------|--|
| LT 1 | Onda (4) | Luz (3) | Sonido (2) Refracción (2) Reflexión (2) O. Electromagnética (2) |
| LT 2 | Sonido (4) | Onda (3) | Energía (2) O. Electromagnética (2) |
| LD 1 | Onda (4) Luz (4) | Sonido (3) | Reflexión (2) Refracción (2) Interferencia (2) |
| LD 2 | Reflexión (5) | Luz (4) | Sonido (3) |
| LD 3 | Luz (5) | Sonido (3) | Onda (2) Energía (2) Reflexión (2) Refracción (2) |

Tabla 5. Unidades conceptuales por nivel y por libro

Con esta información podemos tener una visión general de los conceptos que, en el total de los libros, aparecen en mayor y menor nivel de relevancia representado en porcentajes, donde el 100% representa la totalidad de los libros (gráfico 1):

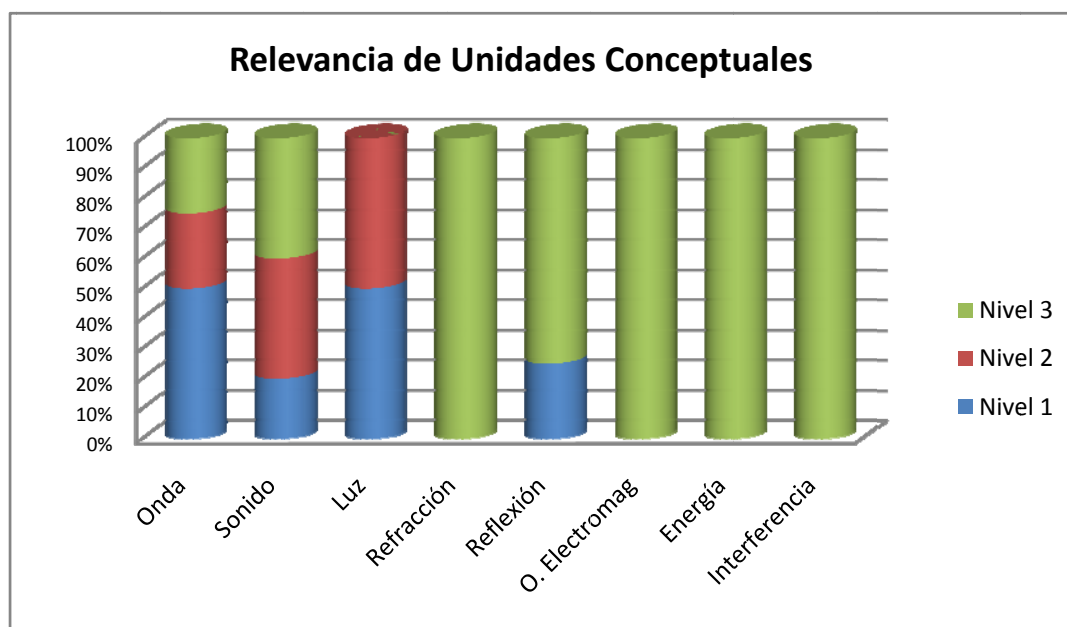


Gráfico 1. Unidades Conceptuales según relevancia en general

Es posible apreciar, por ejemplo que los conceptos “Onda” y “Luz” son más utilizados por los libros para estructurar el contenido (nivel 1) y que el concepto energía, por ejemplo, es menos relevante y por tanto menos utilizado.

Del mismo modo se observa que el concepto de onda, aparece en un libro en tercer nivel de relevancia, lo cual puede ser indicio de que este contenido es utilizado para hablar sobre Luz y Sonido, y no al revés, en ese caso. Así también podemos decir que el concepto “energía” es considerado un concepto secundario en el tratamiento del contenido dada su escasa aparición y poca relevancia.

Por otra parte, a partir de la tabla, podemos también determinar la tendencia de los libros hacia ciertos conceptos en el tratamiento del tema, según el nivel de relevancia asignado a cada uno (en orden creciente). Esto lo podemos ver en el gráfico 2, cuya tabla de datos aparece en el anexo 6.

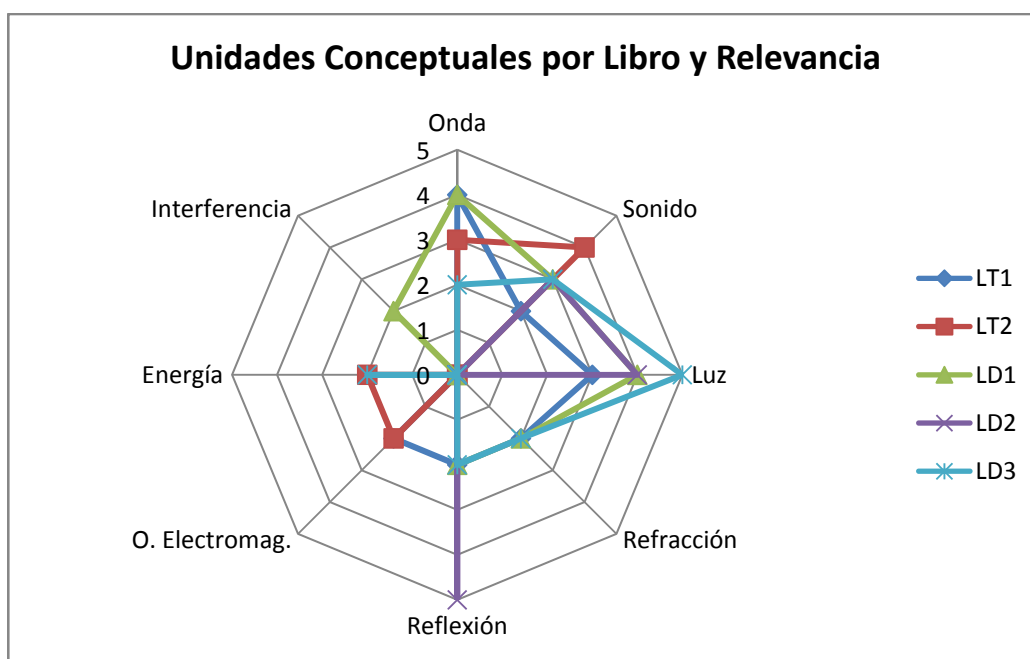


Gráfico 2. Unidades conceptuales en los libros de texto

Una vez visto con claridad cuáles son las unidades conceptuales en torno a las cuales se estructura el contenido en cada capítulo, podemos buscar los **elementos semióticos**, ya categorizados, que cada libro utiliza para analizar cada una de dichas unidades y crear un significado en torno a ellas. A continuación se presentan algunos de los datos extraídos para facilitar el análisis global en cuanto al contenido pudiendo detectar la diversidad en la retórica que cada libro ocupa para expresar sus ideas en torno a un tema.

4.2.1.1 Unidad Conceptual: Ondas

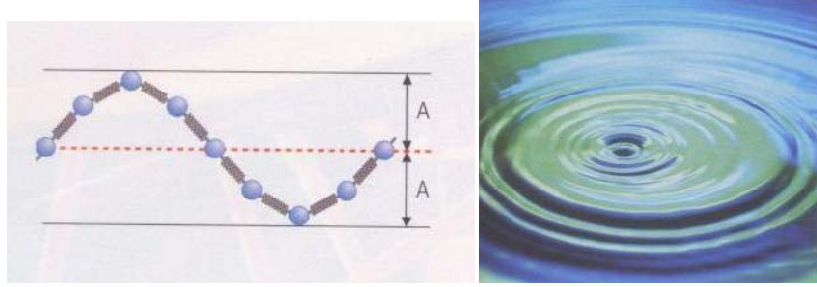
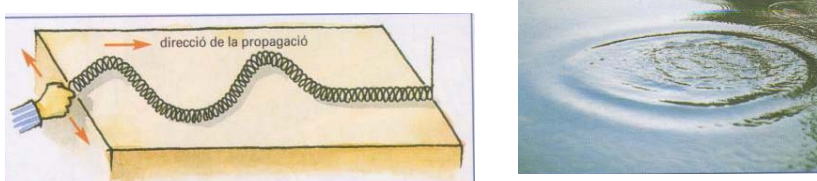

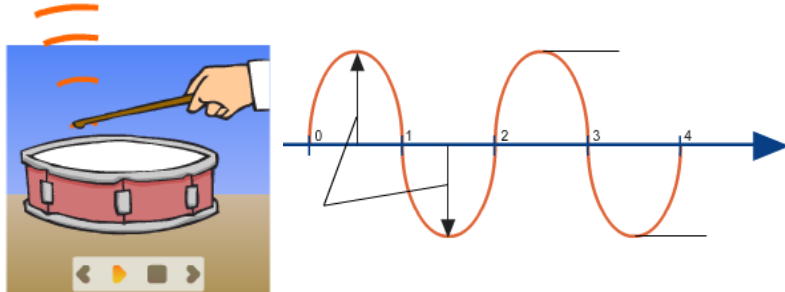
Cada libro construye su propia manera de hablar sobre las ondas a través de diversas imágenes, palabras, preguntas y actividades. Cada uno de estos mecanismos aporta una idea que en conjunto ayudaran al alumno a construir un significado en torno al tema que se quiere enseñar.

Veamos en la siguiente tabla las ideas textuales que cada libro analizado utiliza para explicar lo que es una onda.

| Unidad Conceptual: Las ondas | |
|-------------------------------------|--|
| Libro | Unidades de significado [traducción propia del catalán] |
| LT1 | <i>Un movimiento ondulatorio es la propagación de un movimiento vibratorio y la posición que adopta la perturbación en cada instante se denomina onda.</i> |
| LT2 | <i>Una onda es una forma de propagación de energía que no va acompañada de transporte de materia.</i> |
| LD1 | <i>El movimiento ondulatorio es aquel en el que se transmite energía sin que haya transporte de materia. La transmisión de energía se hace mediante la propagación de una perturbación a la que llamamos onda...</i> |
| LD2 | <i>Una onda es la propagación de una vibración sin transporte de materia</i> |
| LD3 | <i>Tanto la luz como el sonido se propagan mediante ondas</i> |

Se puede apreciar que la noción conceptual sobre las ondas es prácticamente la misma en todos los libros revisados aunque la inclusión del término energía marque la diferencia. La definición de lo que es una onda en términos de una “propagación” constituye un intento por globalizar en una sola idea todo el conocimiento que sobre ella se tiene y que el alumno aprenderá por lo tanto la comprensión de esta idea es importante para que cuando los alumnos dirijan la mirada a ciertos fenómenos ondulatorios puedan entenderlos y explicarlos partiendo de la base de cierta “propagación”.

El uso del lenguaje escrito para explicar una idea sobre qué es una onda puede no ser suficiente para que el alumno acabe de comprenderla, por lo tanto se recurre en cada libro a una o varias representaciones visuales (imágenes) que revisamos a continuación.

| Unidad Conceptual: Las ondas | |
|------------------------------|--|
| Libro | Imagen |
| LT1 |  |
| LT2 |  |
| LD1 |  |
| LD2 |  |
| LD3 | <p><i>Ninguna imagen hace referencia a las ondas en particular, ni analogías ni modelos. Luego surgen algunas representaciones para el fenómeno de la reflexión (ver unidad conceptual: reflexión)</i></p> |




Se aprecia la similitud entre las imágenes y representaciones utilizadas por los libros tradicionales cuando se busca dar una explicación sobre qué es una onda. El

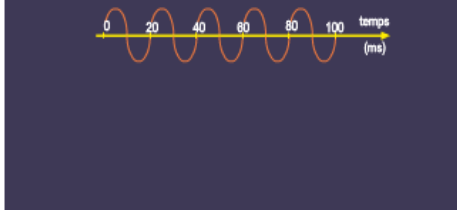
modelo sinusoidal para representar una onda es acompañado de una fotografía completamente decorativa de una onda que se propaga en el agua, la cual a su vez resulta ser un fenómeno cotidiano y conocido por los alumnos.

En el caso de los libros digitales las imágenes son reemplazadas o van acompañadas de animaciones sencillas donde se pueden ver acciones o fenómenos ilustrativos que ayudan a ejemplificar lo que en palabras se ha expresado.

Al contemplar todos los casos analizados surge la duda por ejemplo de si el alumno que vea estas imágenes ¿podría establecer qué relación hay entre la onda sinusoidal y la que se propaga en el agua?, ¿Estamos hablando de lo mismo en ambos casos?, ¿Es el mismo fenómeno?

Para saber si el alumno ha comprendido realmente qué es una onda se proponen ciertas preguntas y ejercicios que le permitirán cuestionarse sobre lo aprendido (o supuestamente aprendido).

| Unidad Conceptual: Las ondas | |
|-------------------------------------|--|
| Libro | Preguntas [traducción propia del catalán] |
| LT1 | <i>¿Qué es un frente de onda?, ¿y un rayo?; ¿Una onda transporta materia?, ¿qué es lo que se propaga en un movimiento ondulatorio?, ¿Cuál es la características fundamental de las ondas? Da un ejemplo en que se ponga de manifiesto esta característica</i> |
| LT2 | <i>¿Cuál es la característica fundamental de las ondas? Da un ejemplo en que se pone de manifiesto esta característica.</i> |
| LD1 | <p>Calcular período y velocidad de onda.</p> <p><i>Una onda sonora de 14.388 metros de longitud de onda se propaga por el aire a una velocidad de 340 m/s. ¿Podremos oír los humanos esta onda?</i></p> <p>SÍ </p> <p>NO </p>  |
| LD2 | <i>En algunas películas es frecuente ver como los indios ponen la oreja en la tierra para escuchar. ¿Por qué crees que lo hacen?</i> |


| | | |
|-----|---|--|
| |  | <p>Quantes ones hi ha en 100 mil·lisegons?</p> <p>10 ones. <input type="text"/></p> <p>5 ones. <input type="text"/></p> <p>Una ona. <input type="text"/></p> |
| LD3 | <i>No inclue</i> | |

Finalmente alguno de los libros analizados incorpora propuestas de actividades prácticas para realizar en casa o en la escuela, así como también, en el caso de los libros digitales, algunas que se pueden hacer directamente con el ordenador a modo de simulación de una experiencia práctica.

Actividades prácticas

Revisemos las actividades que están relacionadas con la construcción del aprendizaje de las ondas como unidad conceptual individual, presentes en todos o algunos de los libros revisados.

Libro Tradicional 2:



EXPERIÈNCIA

Ones a l'aigua

- Omple una palangana amb aigua fins a la meitat.
- Toca amb la punta d'un llapis el centre de la superfície de l'aigua. Observa l'ona que s'ha format.
- Posa trossets de suro a la superfície de l'aigua, prop del centre. Provoca la formació d'una ona i observa el moviment dels suros. Com es mouen els suros? Són arrossegats per l'ona? Què pots dir sobre el moviment de l'aigua quan passa l'ona?
- Escriu totes les observacions que has fet a la llibreta i fes un comentari breu en què expliques de quina manera l'experiència et mostra que en una ona hi ha propagació d'energia sense transport de matèria.

En nuestro libro tradicional 2 se sugiere realizar la 'experiencia' llamada "Ondas en el agua" que consiste en generar con la punta de un lápiz sucesivas ondas en una cubeta con agua. La actividad no requiere de cálculos ni análisis cuantitativos sino más bien descripciones cualitativas y observaciones.

Libro digital 1:

Este libro incluye un menú de actividades al cual se puede acceder siempre desde cualquier parte del libro. Entre ellas encontramos una llamada “Cubeta de ondas”.

“Una cubeta de ondas es una bandeja iluminada por debajo, llena de agua. Einstein golpea con este martillo con una frecuencia determinada de manera que produce ondas. Utiliza la regla para medir su longitud de onda, y calcula cuál es su velocidad de propagación (con un decimal de precisión).”

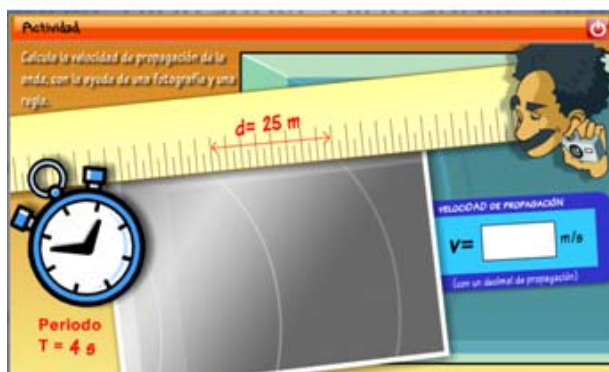
Bajo el botón “Activar” aparece la opción de modificar el período de la onda que se va a generar: “¿Cada cuánto quieres que Einstein golpee con la maza?” El valor puede ir desde 0 a 8 segundos.

Una vez establecido el periodo se presiona la opción “ACTIVAR” y el personaje comienza a golpear la cubeta.

Se visualizan ondas generadas en la cubeta y la opción “ACTIVAR” se convierte en la opción “FOTO” para poder congelar la imagen y hacer mediciones.

Es así como entonces aparece la indicación de calcular la velocidad de propagación de la onda, con la ayuda de la fotografía y la regla.

La regla indica que la distancia entre cada frente de onda es de 25 m (en este caso de ejemplo) y el cronómetro recuerda que el período determinado anteriormente es



de 4 s. En el cuadro blanco se puede escribir el resultado de la operación en m/s y con un “decimal de propagación” Si el resultado es erróneo aparece una X en color rojo que lo indica, se puede cambiar el resultado cuantas veces se quiera. Cuando el valor es acertado aparece una tilde (de correcto) en color azul.

Libro Digital 2:

En este caso se propone una actividad netamente descriptiva que implica generar una onda en el agua y observar lo ocurrido buscando dar una explicación al fenómeno.

Esta actividad, de estar bien guiada y complementada, permite hablar de las ondas en términos de la transmisión de energía, así como también favorece la introducción a la observación de otros fenómenos como pueden ser la interferencia por ejemplo, igual que en el caso de una cubeta de ondas.

Ones a l'aigua

1. Pren una safata plena d'aigua i posa-hi uns trossos de suro perquè flotin.
2. Provoca una pertorbació a la superfície de l'aigua perquè s'origini una ona.
3. Observa com es comporten els trossos de suro al pas de l'ona.
4. Intenta donar una explicació al fenomen observat.
5. Per què la pertorbació a l'aigua es propaga mitjançant ones?



A partir de aquí, una vez estudiadas las ondas en términos generales, cabría que surgieran preguntas como ¿qué es lo que se propaga? o ¿cuál es el origen de dicha propagación? La respuesta a este tipo de preguntas lleva a mirar fenómenos de la mano de la luz y el sonido considerándolos tipos diferentes de ondas. Veamos que nos dicen sobre ellos los libros de texto.

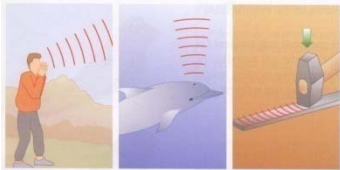
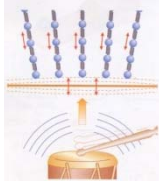
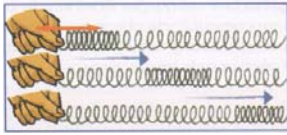

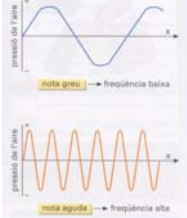
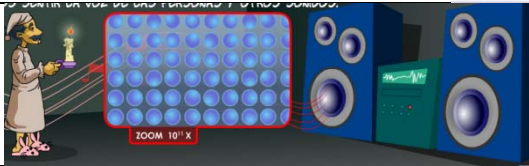

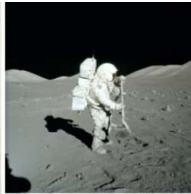
4.2.1.2 Unidad Conceptual: Sonido

Al igual que en el caso anterior haremos aquí una revisión general de cómo tratan los libros revisados el concepto de Sonido.

| Unidad Conceptual: EL sonido | |
|-------------------------------------|---|
| Libro | Unidades de significado [traducción propia del catalán] |
| LT1 | <i>El sonido es una onda mecánica, longitudinal y tridimensional, y la experiencia demuestra que necesita de un medio material para propagarse.</i> |
| LT2 | <i>La música o el ruido son ejemplos de sonidos. Los sonidos u ondas sonoras se producen por la vibración de objetos y se transmiten a través del aire. Las ondas sonoras propagan energía [...]</i> |
| LD1 | <i>El sonido es una onda generada por la vibración de un determinado cuerpo, que se transmite mediante ondas longitudinales. [...] Como el sonido se propaga gracias a las vibraciones de las moléculas del medio, sin medio no se puede propagar, por eso el sonido no se propaga en el vacío.</i> |
| LD2 | <i>Todos los sonidos están producidos por la vibración de un objeto. La propagación del sonido se produce de la misma manera que una perturbación en la superficie del agua.</i> |
| LD3 | <i>El sonido es una vibración de un medio, no puede viajar por el vacío. El sonido necesita un medio material para propagarse [...]</i> |



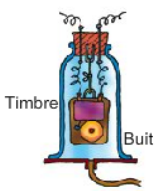
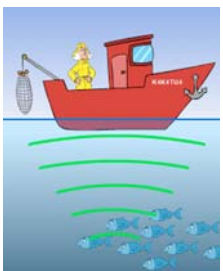
A modo general se aprecia el predominio de la idea de sonido ligada a una propagación, y por ende al concepto de onda. Es también recurrente el énfasis en la necesidad de que el sonido necesita de un medio material para propagarse

En el caso del sonido encontramos variedad de imágenes sin un patrón muy definido salvo la frecuencia del uso de analogías mecánicas y representaciones gráficas de las ondas.

| Unidad Conceptual: EL sonido | |
|------------------------------|--|
| Libro | Imágenes |
| LT1 |   |
| LT2 |    |
| LD1 |  |
| LD2 |  |
| LD3 |  |

Podemos ver desde representaciones de modelos complejos como el molecular u ondulatorio hasta una fotografía completamente decorativa de un astronauta en el espacio bajo el título ¿Cómo se propaga el sonido?, la cual acompaña la idea de que el sonido no se propaga en el vacío. Pero en este último caso en particular, ¿Qué aporta dicha imagen a la elaboración de un significado en torno al concepto sonido? Es en este caso, cuando a falta de representaciones o ideas concretas, se podrían buscar respuestas e ideas complementarias en las preguntas planteadas por el libro, que constituyen un mecanismo semiótico de gran presencia.

Unidad Conceptual: El Sonido

| Libro | Preguntas [traducción propia] | | | | | | | | | | |
|---------------|---|---------------|------------------------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| LT1 | <p><i>¿Por qué decimos que el sonido es tridimensional?, ¿Por qué piensas que el sonido se propaga en el aire más rápidamente cuanto más caliente está?, ¿qué crees que es el eco?, ¿Desde una nave espacial, como se sentiría la explosión de otra nave que hubiese delante suyo? ¿Por qué?</i></p> | | | | | | | | | | |
| LT2 | <p><i>¿Por qué un sonido muy fuerte puede lesionar el tímpano de la oreja?</i></p> <p><i>Una manera de saber si una tempestad está lejos o cerca consiste en medir el tiempo que tarda en sentirse el trueno una vez se ha visto el relámpago. Si el tiempo entre uno y otro es de 8 segundos, ¿a qué distancia está la tormenta?</i></p> <div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 5px; width: 200px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">PENSEM</p> <ul style="list-style-type: none"> • Com creus que s'originen els sons o els sorolls dels aparells o instruments següents? • Com diries que es transmeten aquests sons? • Com els detectem?  </div> | | | | | | | | | | |
| LD1 | <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><i>“Sabiedo que la velocidad del sonido dentro del agua es de 1.500 m/s ¿a qué profundidad se encuentra el fondo del mar si han pasado 8.54 segundos desde que los ultrasonidos emitidos por la sonda del barco han salido, se han reflejado en el fondo y han vuelto al barco?”</i></p> </div> </div> | | | | | | | | | | |
| LD2 | <p><i>¿En qué medio material, de los que se indican en la tabla, el sonido se propaga más rápidamente?, ¿Por qué?</i></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Medi material</th> <th>Velocitat del so (m/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aire</td> <td style="text-align: center;">300</td> </tr> <tr> <td>Coure</td> <td style="text-align: center;">3.800</td> </tr> <tr> <td>Ferro</td> <td style="text-align: center;">5.000</td> </tr> <tr> <td>Aigua</td> <td style="text-align: center;">1.500</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>¿Por qué el sonido de un timbre situado en una campana, tal como se indica en la figura, disminuye de intensidad a medida que se va extrayendo e aire del interior de la campana?</i></p> <div style="text-align: right;">  </div> | Medi material | Velocitat del so (m/s) | Aire | 300 | Coure | 3.800 | Ferro | 5.000 | Aigua | 1.500 |
| Medi material | Velocitat del so (m/s) | | | | | | | | | | |
| Aire | 300 | | | | | | | | | | |
| Coure | 3.800 | | | | | | | | | | |
| Ferro | 5.000 | | | | | | | | | | |
| Aigua | 1.500 | | | | | | | | | | |
| LD3 | <p><i>Sabiendo que la velocidad del sonido den el agua es de 1.500 m/s ¿a qué profundidad se encuentra el banco de sardinas si ha pasado medio segundo desde que los ultrasonidos emitidos por la sonda del barco han salido, se han reflejado en las sardinas y han vuelto al barco?</i></p> <div style="text-align: right;">  </div> | | | | | | | | | | |

En el caso de las preguntas se aprecia la tendencia de indagar sobre las ideas del alumno en torno a la propagación del sonido y las características de dicha propagación.

Actividades Prácticas


Sólo dos de los cinco libros proponen actividades prácticas en torno al concepto de sonido. Revisemos cuales son y de que trata cada una de ellas.

Libro Tradicional 2:

INVESTIGACIÓ

Ones longitudinals en una molla

- Agafa una molla, col·loca-la sobre una taula i estira-la amb compte. Subjecta un dels extrems per evitar que es mogui.
- Dóna un cop a l'extrem solt amb la mateixa direcció que la molla.
- Fes que oscil·li l'extrem solt de la molla en la direcció longitudinal a aquesta.
- Observa què passa i anota les teves observacions.
- Mesura la longitud de la molla i el temps que tarda una ona a recórrer aquesta longitud. Calcula la velocitat de propagació.



En este caso se propone generar ondas con un muelle, realizar mediciones y determinar la velocidad de propagación de la onda generada, siendo una actividad de tipo “Aplicación” ya que las características de las ondas fueron tratadas en el capítulo y con esta actividad se busca aplicar la teoría explicada. Aunque la actividad no va dirigida expresamente al sonido, el trabajo con muelles es considerado un modelo o analogía que sirve para comprender como se propaga el sonido.

Libro digital 1:

Esta actividad lleva por nombre “No me chilles que no te veo” y consiste en identificar las partes del oído mientras se va recorriendo el proceso de audición desde la captación de un sonido hasta su final interpretación en el cerebro. Las imágenes muestran la primera y última etapa de tal proceso.

Es una actividad interactiva que se realiza directamente desde la plataforma online y que es inmediatamente corregida.

Al categorizarla la consideramos como una actividad práctica sin carácter experimental de tipo “aplicación”, ya que las partes del oído fueron indicadas

mediante el mismo diagrama cuando se trató el tema del proceso de audición y el aparato fonador en el desarrollo del contenido.



Este tipo de actividad no requiere de mayor esfuerzo ya que es del tipo que podríamos denominar “ensayo y error”. Si la palabra utilizada es incorrecta en la primera casilla no se puede seguir avanzando hasta que se corrija. Por lo tanto el alumno tiene la opción de ir probando con cada palabra hasta dar con la combinación correcta. De este modo podemos decir que la actividad no demanda tareas de un nivel cognitivo elevado y que su finalidad es fomentar el recuerdo de las partes del oído sin dar paso a cuestionamientos ni evaluación de algún aprendizaje concreto.

Libro digital 2:

Al igual que el libro tradicional 1, el LD 2 propone una actividad para realizar en clase o en casa de materiales muy sencillos y de carácter descriptivo. El objetivo es visualizar como se propaga el sonido haciendo una analogía con las ondas que se propagan en un muelle, aunque en este caso no se pide realizar mediciones por lo que la actividad tiene una orientación netamente cualitativa.

Experiència

Ones en una molla

Per visualitzar la propagació del so farem servir un model. Aquest model serà una molla.

1. Col·loca la molla estirada sobre una taula i subjecta-la per tots dos extrems.
2. Des d'un dels extrems, sacseja-la una mica amb la mà, mentre l'altre extrem es manté fix.
3. Descriu com es propaguen les estrebades al llarg de la molla.
4. Per què la sacsejada a la molla es propaga mitjançant ones?

4.2.1.3 Unidad Conceptual: La luz







A raíz de los mapas de Thagard se ha podido apreciar como el concepto de Luz, excepto en un libro, es de primer nivel de importancia y desde él se establecen la

mayoría de las relaciones con otros conceptos del contenido. Veamos a continuación que nos dicen los libros sobre la Luz.

| Unidad Conceptual: La Luz | |
|----------------------------------|---|
| Libro | Unidades de significado |
| LT1 | <p><i>La experiencia demuestra que la propagación de la luz es rectilínea.</i></p> <p><i>A diferencia del sonido, la luz no necesita de un medio material para propagarse.</i></p> <p><i>[...] la luz presenta una dualidad partícula-onda, ya que a veces se comporta como si fuese hecha de partículas y a veces como una onda.</i></p> |
| LT2 | <p><i>La luz, los rayos X, las microondas, [...] son ejemplos de ondas que pertenecen a una familia de radiaciones denominadas ondas electromagnéticas, que no necesitan un medio material para propagarse es decir, se pueden propagar por el vacío</i></p> |
| LD1 | <p><i>¡No sabemos qué es la luz! ¡Lo único que podemos decir es que en función de las circunstancias se comporta como una onda electromagnética o como partículas! En este capítulo estudiaremos la luz y los fenómenos que produce entendiéndola como una Onda Electromagnética.</i></p> <p><i>[...] La luz es una onda transversal que no necesita un medio material para propagarse, y que transporta energía...</i></p> |
| LD2 | <p><i>Qué es lo que realmente entra en nuestros ojos cuando vemos alguna cosa? Esta es una pregunta difícil de contestar.</i></p> <p><i>Hay una serie de hechos que nos hacen pensar que la luz viaja en línea recta.</i></p> |
| LD3 | <p><i>La luz transmite energía de un lugar a otro en forma de radiación.</i></p> <p><i>La luz, si no encuentra obstáculos y el medio es uniforme, viaja en línea recta. Además, no necesita ningún tipo de medio material para propagarse.</i></p> |

Comparando en general, no hay una definición precisa y unánime sobre lo que es la luz. Las explicaciones se elaboran a partir de características en torno a su propagación por ejemplo.

Sólo dos libros reconocen la complejidad de dar una definición específica aludiendo a la naturaleza dual de la luz, pero, como más adelante observaremos, solo uno de esos dos libros hace una alusión histórica sobre tal hecho. El otro libro solo se queda en comentarios.

| Unidad Conceptual: La Luz | |
|---------------------------|--|
| Libro | Imágenes |
| LT1 |  |
| LT2 | <i>Este libro no incorpora imágenes específicas para la luz ya que el tema no es estudiado.</i> |
| LD1 |   |
| LD2 |   |
| LD3 |  |

Es variado el tipo de imagen que los libros incorporan aludiendo a diferentes aspectos de la luz. Sin embargo, hablar de la luz asilado de los fenómenos es más bien pobre. Las imágenes que cada libro incorpora cuando hablan de la luz como concepto general no aportan mayor información (no operativas).

Se observa que solo un libro digital (LD 2) incorpora una animación, bastante simple, como un intento de representar la propagación rectilínea de la luz utilizando rayos. Los otros libros digitales muestran imágenes similares a las de cualquier libro de texto tradicional y sólo con fines decorativos.

En el caso de las preguntas que a continuación se muestran, son variadas y a la vez escasas, dado que prácticamente todas las preguntas suelen estar asociadas a fenómenos en particular, y por lo tanto, preguntas destinadas a explorar ideas y conocimientos sobre la luz de un modo general, escasean, hasta el punto de que un libro ni siquiera plantee preguntas en al respecto.

| Unidad Conceptual: La Luz | |
|----------------------------------|--|
| Libro | Preguntas |
| LT1 | <i>¿Por qué crees que durante mucho tiempo se pensaba que la propagación de la luz era instantánea?</i> <i>¿Qué espacio recorre la luz en 10 segundos?</i> |
| LT2 | <i>No hay preguntas que cuestionen conocimientos sobre la luz en general.</i> |
| LD1 | <i>Como la velocidad de la luz es mucho mayor que la del sonido, supondremos que vemos la luz en el mismo instante en que se produce el rayo. Hemos cronometrado el trueno y ha tardado 0.5 s. La tormenta se encuentra a ___ m de aquí.</i> |
| LD2 | <i>Preguntas de síntesis sobre el concepto de luz. Completar la frase:</i> <i>La luz es una forma de ___ que transmite energía de</i> <i>La luz se ___ en línea recta</i> |
| LD3 | <i>La luz es una onda mecánica que transporta energía y materia</i> <i>¿Verdadero o Falso?</i> |

Actividades Prácticas

Realmente ninguno de los libros analizados propone actividades para trabajar el concepto de luz de un modo general o independiente de su carácter factual. Se expone

a continuación una actividad propuesta por un libro digital relacionada con el proceso de la visión, pero como es posible apreciar, tampoco tiene mucho que ver con el proceso de la visión en sí mismo.

Libro Digital 1:

Análogo al caso del oído expuesto anteriormente, la actividad consiste en identificar las partes del ojo, ubicándolas en la casilla correspondiente, haciendo uso del cursor como elemento interactivo.



4.2.1.4 Unidad conceptual: Energía

El concepto de energía no está presente en todos los libros analizados y en aquellos donde aparece tiene un papel secundario, por eso es considerado para esta investigación un concepto de segundo nivel de relevancia. Sin embargo es indiscutible su importancia al hablar de ondas dada la estrecha relación que existe entre ambos conceptos. Las ondas pueden ser consideradas como una directa aplicación de un modelo de transmisión de energía más general, idea a partir de la cual se podrían explicar todos los fenómenos relacionados.

En el 2º curso de la E.S.O. precisamente, el contenido de ondas se incluye dentro del capítulo de transmisión de energía, junto a otros contenidos como el calor por ejemplo. A pesar de esto el concepto de energía parece quedar reducido a una característica de las ondas más que a un modelo explicativo.

Veamos que nos dicen los libros de texto analizados, en general, sobre el concepto de Energía.

| Unidad Conceptual: Energía | |
|-----------------------------------|---|
| Libro | Unidades de significado |
| LT1 | <p><i>Una onda no propaga materia sino energía; es decir, las partículas no se propagan sino que es la energía que hace que vibren.</i></p> <p><i>Lo que se propaga es la energía capaz de producir el movimiento vibratorio de las partículas.</i></p> <p><i>La energía que se propaga en las ondas mecánicas es energía mecánica.</i></p> <p><i>Las ondas EM [...] se producen por oscilaciones de campos eléctricos y magnéticos, y la energía que propagan es EM.</i></p> |
| LT2 | <p><i>La intensidad del sonido es la característica que mide la energía que transporta la onda sonora.</i></p> <p><i>Hay una relación directa entre la frecuencia de una onda EM y la energía que transporta</i></p> |
| LD1 | <p><i>Como sabes, la energía se transmite de un lugar a otro por contacto entre cuerpos, [...] pero no siempre es necesario que haya transmisión de materia para transmitir energía.</i></p> <p><i>El movimiento ondulatorio es aquel en el que se transmite energía sin que haya transporte de materia. La transmisión de energía se hace mediante la propagación de una perturbación a la que llamamos onda...</i></p> |
| LD2 | <i>No se menciona</i> |
| LD3 | <p><i>Estos sentidos (la vista y el oído) son capaces de captar, respectivamente, la luz y el sonido, dos de las maneras más habituales de transmitir de energía.</i></p> <p><i>La luz transmite energía de un lugar a otro en forma de radiación.</i></p> <p><i>El sonido transmite energía de un lugar a otro en forma de vibración de un medio...</i></p> |

Podemos ver como en cuatro de los cinco libros se hace mención al término, relacionándolo directamente con la propagación de la Onda. La energía pasa a ser “aquella cosa” que las ondas transmiten y por tanto, el sonido y la luz también al ser tipos de ondas. En el caso del LT1 se diferencian dos tipos de energía, asociados a las ondas mecánicas y electromagnéticas por separado.

Este uso que los libros dan al término “energía” no es reflejado en imágenes específicas que permitan esclarecer lo que por el concepto se entiende ya que solo se utiliza para definir el concepto “Onda”. En otras palabras, las imágenes que acompañan el texto cuando se habla de “energía” son más bien para describir lo que por “onda” se ha de entender.

| Unidad Conceptual: Energía | |
|-----------------------------------|---|
| Libro | Preguntas |
| LT1 | <i>¿Una onda transporta materia?, ¿Qué es lo que se propaga en un movimiento ondulatorio?</i> |
| LT2 | <i>¿Por qué un sonido muy fuerte puede lesionar el tímpano de la oreja?</i> |
| LD1 | <i>No hay preguntas</i> |
| LD2 | <i>No hay preguntas</i> |
| LD3 | <i>No hay preguntas</i> |

Los libros no preguntan directamente por el concepto de energía ni por su relación con las ondas y los fenómenos ondulatorios que se tratan a lo largo del capítulo. En el caso del Libro tradicional 1, las preguntas buscan reforzar la idea de que la energía es aquello que la onda transporta mientras se propaga. En el caso del libro tradicional 2, el término energía debe ser usado para responder a la pregunta. Se puede ver como en términos generales no se hacen preguntas sobre el concepto, ni siquiera para complementar el poco tratamiento que se da a lo largo del contenido en los diversos libros.

Actividades Prácticas

Al analizar la unidad conceptual “Ondas” se ha expuesto que dos libros de texto, el tradicional 2 y el digital 2, proponían al lector realizar como experiencia la formación de ondas en el agua.

Estas actividades llevan por fin familiarizar al alumno con la idea de que una onda es la propagación de una perturbación generada con cierta energía, la cual a su vez se propaga por el agua, mientras no hay propagación de materia, aspecto “evidenciado” en el caso del LT2 al poner sobre el agua trozos de corcho. Sin embargo no se saca mas partido a las actividades para profundizar las ideas.

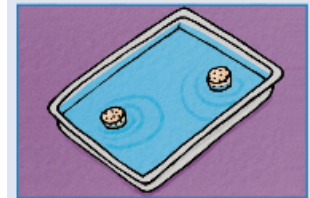
EXPERIÈNCIA

Ones a l'aigua

- Omple una palangana amb aigua fins a la meitat.
- Toca amb la punta d'un llapis el centre de la superfície de l'aigua. Observa l'ona que s'ha format.
- Posa trossets de suro a la superfície de l'aigua, prop del centre. Provoca la formació d'una ona i observa el moviment dels suros. Com es mouen els suros? Són arrossegats per l'ona? Què pots dir sobre el moviment de l'aigua quan passa l'ona?
- Escriu totes les observacions que has fet a la llibreta i fes un comentari breu en què expliquis de quina manera l'experiència et mostra que en una ona hi ha propagació d'energia sense transport de matèria.

Ones a l'aigua

1. Pren una safata plena d'aigua i posa-hi uns trossets de suro perquè flotin.
2. Provoca una perturbació a la superfície de l'aigua perquè s'origini una ona.
3. Observa com es comporten els trossos de suro al pas de l'ona.
4. Intenta donar una explicació al fenomen observat.
5. Per què la perturbació a l'aigua es propaga mitjançant ones?



4.2.1.5 Unidad conceptual: Reflexión


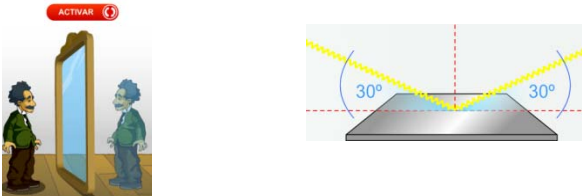
El concepto “Reflexión” es interesante de analizar porque en todos los libros aparece ligado tanto al sonido como a la luz de una manera más bien fenomenológica, y por tanto, más ligado a los hechos y ejemplos que los diversos libros citan.


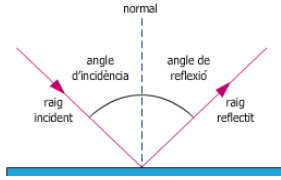

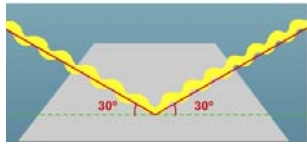
| Unidad Conceptual: Reflexión | |
|------------------------------|---|
| Libro | Unidades de significado |
| LT1 | <p><i>Cuando una onda rebota sobre una superficie, vuelve atrás y cambia de dirección, decimos que la onda ha experimentado una reflexión. Este efecto es similar al rebote que una pelota de ping-pong hace sobre una mesa.</i></p> <p><i>El hecho de que la luz se comporte como una onda nos indica que cuando llegue a una determinada superficie se reflejará.</i></p> |
| LT2 | <i>No se menciona</i> |
| LD1 | <i>Como todas las ondas, el sonido puede reflejarse cuando incide sobre una pared... Dependiendo de la distancia a la superficie reflectora, el oído humano aprecia dos fenómenos diferentes, el eco y la reverberación.</i> |

| | |
|-----|--|
| | <i>La Reflexión de la Luz es el cambio de dirección que experimentan los rayos luminosos al encontrarse un cambio de medio, siempre y cuando este cambio de dirección redirija los rayos hacia el medio inicial.</i> |
| LD2 | <p><i>Cuando la luz ‘choca’ con un objeto, puede pasar una de las siguientes situaciones: reflexión, [...]</i></p> <p><i>Cuando la luz incide sobre una superficie perfectamente plana, [...] todos los rayos que inciden paralelos sobre la superficie salen reflejados de manera paralela. Hablamos de una reflexión especular.</i></p> <p><i>Muchas superficies [...] tienen muchas irregularidades. Como consecuencia de eso, cuando la luz se ha reflejado se dispersa en todas</i></p> |
| LD3 | <p><i>La reflexión es un fenómeno característico de las ondas.</i></p> <p><i>Tanto la luz como el sonido se propagan mediante ondas y, por lo tanto, se reflejan cuando se encuentran con algún obstáculo.</i></p> <p><i>La reflexión consiste en un cambio en la dirección del sonido o de la luz</i></p> |

El modo que los libros utilizan para referirse a la reflexión lo hace parecer más que un fenómeno una propiedad intrínseca de las ondas y por tanto del sonido y la luz directamente. Sin importar cuál sea el fenómeno en estudio, la circunstancia o el hecho en cuestión, las ondas se reflejan.

Veamos si las imágenes refuerzan esta idea.

| Unidad Conceptual: La Reflexión | |
|--|--|
| Libro | Imágenes |
| LT1 |  |
| LT2 | <i>Este libro no incorpora imágenes alusivas al tema</i> |
| LD1 |  |

| | | |
|-----|---|--|
| LD2 |  |  |
| LD3 |  |  |

Es indudable la similitud de las imágenes utilizadas, todas ellas haciendo alusión a la ley de la reflexión a través de representaciones geométricas de rayos.

Esta representación acompañada de imágenes que muestran espejos o el caso de la cuerda por la que se propaga una onda, nos lleva a pensar si el lector puede establecer la conexión entre ambas ideas. Parece quedar claro que alguna relación existe entre la formación de imágenes en espejos y los “rayos” de luz que cuando llegan a él chocan, pero ¿hasta qué punto dicha relación es lo bastante clara como para pensar en el fenómeno más allá de los espejos y los rayos? Parece ser que el mostrar la ‘Reflexión’ como una propiedad o característica de las sondas en general permite saltarse etapas o explicaciones en torno a estas relaciones entre ejemplos, representaciones, modelos y hechos reales.

Revisemos entonces, que cosas pide cada libro al lector que se cuestione en torno al tema.

| Unidad Conceptual: Reflexión | |
|-------------------------------------|--|
| Libro | Preguntas |
| LT1 | <p><i>Enuncia las leyes de la reflexión de las ondas.</i></p> <p><i>Calcula el ángulo de reflexión de un rayo que incide sobre una superficie reflectora con un ángulo de 10º</i></p> <p><i>¿Cómo piensas que se puede aplicar el principio de reflexión de las ondas para construir los sonares que llevan incorporados los barcos para detectar profundidades?</i></p> |
| LT2 | <p><i>No hay pregunta sobre el tema</i></p> |
| LD1 | <p><i>No plantea preguntas</i></p> |

| | |
|-----|-----------------------------|
| LD2 | <i>No plantea preguntas</i> |
| LD3 | <i>No plantea preguntas</i> |

Actividades prácticas

No se proponen actividades prácticas para aplicar las ideas sobre el tema.

4.2.1.6 Unidad conceptual: Refracción












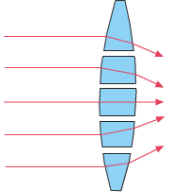
Similar al caso de la reflexión visto anteriormente, la refracción se presenta como una característica o propiedad atribuirle a todas las ondas aunque se hable de él en términos de “Fenómeno”.

| Unidad Conceptual: Refracción | |
|--------------------------------------|---|
| Libro | Unidades de significado |
| LT1 | <i>Cuando una onda cambia de medio de propagación, también cambia su dirección. Este fenómeno es conocido como refracción</i> |
| LT2 | <i>No se menciona</i> |
| LD1 | <i>La refracción de la luz es el cambio de la dirección de los rayos luminosos cuando cambian de medio.</i> |
| LD2 | <i>Los rayos de luz se desvían cuando atraviesan materiales como el vidrio o el agua. Este fenómeno se denomina refracción</i> |
| LD3 | <i>Cuando la luz viaja por un medio como el aire e incide en otro medio de características diferentes, como el vidrio o el agua, se produce un cambio en su velocidad. Este cambio de velocidad da lugar a un cambio en la dirección de la luz.</i> <i>La refracción hace que cuando miramos un objeto que se encuentra en otro medio, lo veamos en una posición que no es real.</i> |

En cuanto a las imágenes utilizadas por cada libro también parece haber consenso en el modo de representar dicho fenómeno - concepto.

| Unidad Conceptual: La Refracción | |
|----------------------------------|---|
| Libro | Imágenes |
| LT1 | |
| LT2 | <i>No se incorporan imágenes alusivas al tema</i> |
| LD1 | |
| LD2 | |
| LD3 | |

Las imágenes utilizadas para representar la refracción son todas del mismo estilo, una representación geométrica donde la luz se representa como un rayo y que se desvía al cambiar de medio.

| Unidad Conceptual: Refracción | |
|--------------------------------------|---|
| Libro | Preguntas |
| LT1 | <p><i>¿Por qué una onda se refracta al cambiar de medio?</i></p> <p><i>Haz un diagrama de rayos de la imagen de un objeto situado entre el foco y el centro óptico de una lente convergente y de una divergente.</i></p> <p><i>Si el índice de refracción relativo entre dos medios es 1,4, calcula el ángulo de incidencia de un rayo que se ha refractado con un ángulo de 60°</i></p> |
| LT2 | <p><i>Una onda se propaga por un medio a una velocidad de 250 m/s. Si incide con un ángulo de 60° sobre un medio en el cual se propaga a 300 m/s, ¿cuál será el ángulo de refracción?</i></p> |
| LD1 | <p><i>No plantea preguntas</i></p> |
| LD2 | <p><i>Determina cuál será la trayectoria correcta de los rayos en los objetos de vidrio siguientes:</i></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>1.</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>a)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>b)</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>2.</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>a)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>b)</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>3.</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>a)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>b)</p>  </div> </div> <p><i>“Coloca las definiciones bajo la figura correspondiente:</i></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin: 10px 0;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 150px; height: 80px;">  </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 150px; height: 80px;">  </div> </div> <p><i>Rayo que atraviesa un espacio de aire intermedio entre dos bloques de vidrio paralelos</i></p> <p><i>Rayo de luz que pasa del aire a un bloque de vidrio de costados paralelos”</i></p> <p><i>“Explica la desviación de los rayos cuando atraviesan la lente en función de la refracción que se produce en cada una de las caras de la lente. ¿Cuál es la trayectoria del rayo que pasa por el centro de la lente?</i></p> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">  </div> |
| LD3 | <p><i>No plantea preguntas</i></p> |

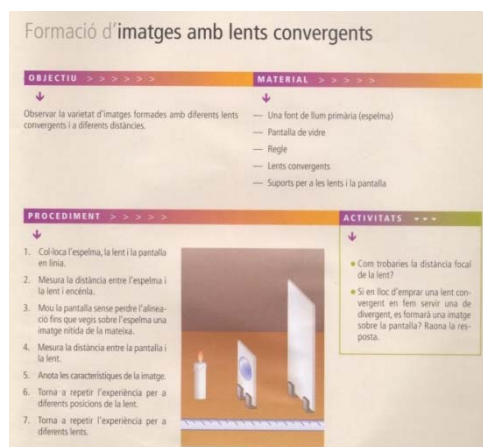
En este caso solo en los libros tradicionales se plantean preguntas en torno al tema. Los libros digitales incorporan el concepto en algún ejercicio o actividad como se verá más adelante en el posterior análisis, pero no hay preguntas dirigidas a cuestionar los conocimientos de los alumnos sobre el tema.

Actividades prácticas

En este caso son dos las actividades propuestas en relación al tema.

Libro Tradicional 1:

Bajo el título “Práctica de la Laboratorio” se propone al estudiante observar la formación de imágenes a través de diferentes lentes convergentes utilizando una sencilla infraestructura.



Libro Digital 2:

Se propone al lector construir una cámara oscura, hecha con cartón, y describir el tipo de imágenes que con ella se forma. Es una actividad

4.2.1.7 Unidad conceptual: Ondas Electromagnéticas

Sólo tres de los cinco libros tratan el tema y lo hacen en términos de considerar a las OE como un tipo de onda más que es importante por sus numerosas y conocidas aplicaciones. Sin embargo, su nivel de importancia en términos del estudio que de ellas se hace es prácticamente nulo, quedando reducido solo a nivel de ejemplos.

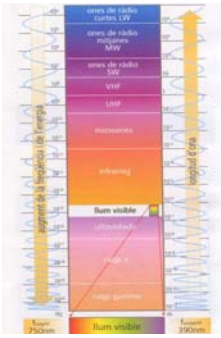
| Unidad Conceptual: Ondas Electromagnéticas | |
|--|---|
| Libro | Unidades de significado |
| LT1 | <p><i>Cuando calentamos alimentos al microondas, escuchamos la radio, vemos la televisión o hablamos a través de nuestro teléfono móvil, lo hacemos gracias a las ondas electromagnéticas.</i></p> <p><i>[...] definimos las ondas EM como aquellas que no necesitan un medio material para propagarse. Estas ondas se caracterizan porque pueden propagarse en el vacío, se producen por oscilaciones de campos eléctricos y magnéticos y la energía que</i></p> |

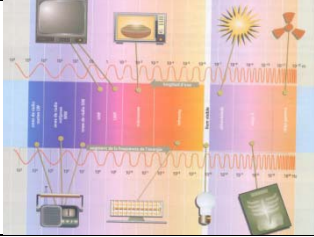
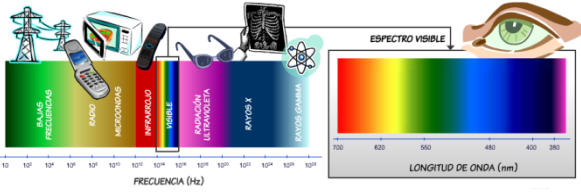
| | |
|-----|---|
| | <i>propagan es electromagnética.</i> |
| LT2 | <i>La luz, los rayos X, las microondas, los rayos infrarrojos o los ultravioletas son ejemplos de ondas que pertenecen a una familia de radiación denominada ondas EM, que no necesitan un medio material para propagarse, es decir, se pueden propagar por el vacío.</i> |
| LD1 | <i>Hay ondas que pueden propagarse por el vacío sin que haya ningún medio material. Son ondas como la luz visible, los rayos X, las ondas de radio y televisión, o las microondas. Estas ondas se llaman Electromagnéticas</i> |
| LD2 | <i>No se mencionan</i> |
| LD3 | <i>No se menciona</i> |

Los tres libros que hacen mención a las ondas electromagnéticas lo hacen destacando su presencia en cosas cotidianas, sin embargo, dicha mención solo queda a modo de ejemplo y no se profundiza en ninguno de ellos.

También coinciden en destacar como principal característica, y de ahí su definición, de que una onda electromagnética es aquella que se puede propagar por el vacío.

En el caso de las imágenes también hay coincidencias.

| Unidad Conceptual: Ondas Electromagnéticas | |
|---|---|
| Libro | Imágenes |
| LT1 |  <p>El diagrama muestra el espectro electromagnético con las siguientes categorías de arriba hacia abajo: ondas de radio (LF, MF, HF), microondas, infrarrojo, luz visible (rojo, naranja, amarillo, verde, azul, violeta) y rayos X. Se incluyen también las etiquetas 'ondas de radio' y 'ondas de radio' en los extremos.</p> |
| LT2 | |

| | |
|-----|--|
| |  |
| LD1 |  |
| LD2 | <i>No incorpora</i> |
| LD3 | <i>No incorpora</i> |

Tres de los cinco libros revisados incorporan una imagen que haga referencia a las ondas electromagnéticas coincidiendo en que todas ellas son representaciones organizadas del espectro electromagnético, con escalas de frecuencia y/o longitud de onda y en dos casos con dibujos alusivos de diferentes objetos donde podemos encontrar cada tipo de onda.

La imagen del libro digital 1 (LD1) es estática, por lo que no hay diferencia alguna en este sentido a la representación utilizada respecto a un libro de formato tradicional.

Veamos el caso de las preguntas propuestas.

| Unidad Conceptual: Ondas Electromagnéticas | |
|--|--|
| Libro | Preguntas |
| LT1 | <p>Ejercicio cuantitativo: <i>Calcula la longitud de onda de los rayos que emiten un aparato de rayos X si tienen una frecuencia de 3×10^8 Hz.</i></p> <p>Ejercicio cualitativo de bajo nivel cognitivo: <i>Enumera aplicaciones que conozcas de las OE.</i></p> |
| LT2 | <p>Pregunta Cualitativa de bajo nivel cognitivo, tipo generalización/definición: <i>¿Qué caracteriza las ondas electromagnéticas?</i></p> <p>Pregunta Cualitativa de bajo nivel cognitivo, tipo descripción: <i>¿Qué color de la luz blanca tiene la longitud de onda más pequeña? Y cuál la más grande?</i></p> |

| | |
|-----|--|
| | Ejercicio Cuantitativo: Calcula la longitud de onda de una onda del infrarrojo que tiene una frecuencia de 10^{13} Hz |
| LD1 | <i>No plantea preguntas</i> |
| LD2 | <i>No plantea preguntas</i> |
| LD3 | <i>No plantea preguntas</i> |

Al igual que en el caso anterior, sólo se plantean preguntas en los libros tradicionales. Se observa la tendencia hacia aplicar las relaciones matemáticas entre las características de las ondas aplicadas en este caso

Actividades Prácticas

Sólo un libro incorpora una actividad relacionada con el tema, es de complejidad baja y que no permite profundizar más allá de los ejemplos.

Libro Digital 1:

Se presenta una actividad interactiva llamada “Un espectro bien ordenado” donde se pide al alumno:

Organizar objetos “... en la estantería según la posición que estas ondas ocupan en el espectro electromagnético, de menor a mayor frecuencia”



Al hacer ‘click’ en continuar aparecen una serie de objetos que deben ser dispuesto sobre la repisa numerada siguiendo el orden propuesto:



Si ponemos el ‘cursor’ sobre alguno de estos objetos el personaje nos dice algo sobre ellos. Al finalizar la organización de los objetos, la estantería queda así:



Una desventaja de esta actividad es que se desarrolla en base al ensayo y error, es decir, no se pueden situar objetos que no sean en el orden que se requiere, si el anterior no está bien puesto. De este modo, la actividad se considera de tipo “aplicación” porque el espectro magnético ha sido expuesto en el desarrollo del contenido del libro y por lo tanto aquí sólo cabe recordar lo ya visto.

4.2.2 Resumen sobre Unidades Conceptuales

Hemos podido ver hasta ahora que los capítulos de onda de los diversos libros revisados, incluyen conceptos que tienen una función estructurante en el capítulo. Esto ha sido posible gracias a la observación de las redes conceptuales construidas basadas en las ideas propuestas por Paul Thagard (1992).

Es así como se han podido identificar 7 ‘conceptos principales’ basándonos en su frecuencia de aparición y sus numerosas relaciones con otros conceptos. A estos conceptos les llamamos *Unidades Conceptuales* y son: Onda, Sonido, Luz, Reflexión, Refracción, Energía y Ondas Electromagnéticas.

Una vez identificadas dichas unidades conceptuales, ha sido interesante observar qué nos dice cada libro sobre cada una de ellas. Al decir “que nos dice” nos referimos no solo a las palabras utilizadas, sino a todo aquello que el libro considera una herramienta para ayudar a construir un significado en torno a cada uno de esos conceptos. Esto es lo que llamamos *Elementos semióticos* y que incluyen al texto escrito en el libro, las imágenes, las preguntas y las actividades prácticas propuestas.

Cada uno de estos elementos semióticos es incorporado por los libros para reforzar las ideas teóricas que se quieren enseñar. El poder comparar esta diversidad

de elementos semióticos respecto a cada unidad conceptual, nos ha permitido observar las diferencias y similitudes existentes entre libros de diferentes formatos para hablar o mirar un concepto en particular. Se han observado tendencias por cierto tipo de pregunta, imagen o actividad para hablar según de qué concepto y eso es información que nos servirá para enriquecer nuestro análisis.

Otro aspecto importante de señalar y considerado “clave” en el desarrollo de esta investigación, ha sido distinguir que, según como se habla de ciertos conceptos, existen casos en que éstos dejan de ser teóricos 100% porque son vistos a través de ejemplos o representaciones que forman parte del mundo real, mas bien, del mundo de los fenómenos. Un ejemplo claro de esto lo encontramos en el concepto “Reflexión” donde las representaciones o ejemplos utilizados para hablar de él surgen precisamente de las observaciones que se hacen en el mundo real como la formación de imágenes. Otro ejemplo sería el caso de las ondas electromagnéticas donde los libros hablan de ellas en función de sus variadas aplicaciones en la vida cotidiana.

Esta idea, que surge directamente de la observación y correlación dada a los datos, constituye el inicio de una segunda etapa de correlación donde ahora pondremos la mirada precisamente en aquellas relaciones que no son completamente teóricas sino que relacionan las ideas teóricas con los fenómenos.

Esta idea es sin duda un primer e importante paso hacia lo que sería considerar el libro de texto como un medio para mirar el mundo real desde la teoría, o bien mirar la teoría desde el mundo real, y es precisamente la necesidad de identificar esta forma de mirar, lo que nos lleva al siguiente apartado.

4.2.3 Relación teórico-factual

A partir de las observaciones realizadas a las unidades conceptuales identificadas, y de cómo estas son tratadas a través de los diversos elementos semióticos presentes en cada libro, se ha observado que hay conceptos que cumplen una doble función al ser considerados por el libro como conceptos y fenómenos a la vez. Es decir, los libros hablan de ciertos fenómenos atribuyéndole características conceptuales y definiciones, a la vez de que ciertos conceptos son utilizados para referirse a un fenómeno o acercarse a él.

Esta idea nos ha llevado a realizar una nueva revisión de cada libro por separado para observar nuevamente los elementos semióticos presentes en los libros pero desde el punto de vista de su carácter factual, es decir, buscamos aquellos elementos que hacen referencia a algún hecho de la vida real para relacionarlo con los conceptos correspondientes y determinar entonces si existe una relación teórico – factual entre dichos conceptos.

La identificación de estos elementos, desde este punto de vista, se puede ver en el anexo 5, donde se señalan los elementos considerados teórico factuales en las páginas de cada libro.

A partir de esto, en el presente apartado distinguimos en las redes conceptuales elaboradas que surgen de las ideas de Thagard (1992), aquellos conceptos que adquieren un carácter factual, pasando a ser *fenómeno-conceptos*, por llamarles de algún modo, y que no solo estructuran el contenido sino que además facilitan la conexión entre el mundo teórico del libro y el mundo real del lector. La distinción mencionada consiste en remarcar dentro de cada mapa aquellas relaciones conceptuales que dan pie a una conexión teórico-factual entre conceptos y fenómenos, la cual será analizada en el capítulo de interpretación de datos.

4.2.3.1 Redes teórico-factuales

Se exponen a continuación cada una de las redes conceptuales con la distinción correspondiente en color (relleno de la figura), las cuales pasamos a llamar *Teórico-Factuales*.

Cada una de estas relaciones queda justificada a partir de los elementos semióticos utilizados por el libro para hablar del fenómeno-conceptos que conforman la relación.

Incorporamos entonces, para cada una de las relaciones, los ejemplos, hechos, imágenes, preguntas y actividades prácticas utilizadas para cada libro por separado que justifican dichas relaciones y nos permiten identificar de qué manera se conecta teoría y realidad en cada libro revisado.

Libro Tradicional 1:

En este caso las relaciones teórico-factuales identificadas van relacionados con los conceptos “luz” y “sonido” básicamente, y de cómo estos constituyen a la vez tipos de ondas “electromagnéticas” y “mecánicas”, respectivamente. Veamos en detalle cada una de las relaciones establecidas y destacadas en el mapa.

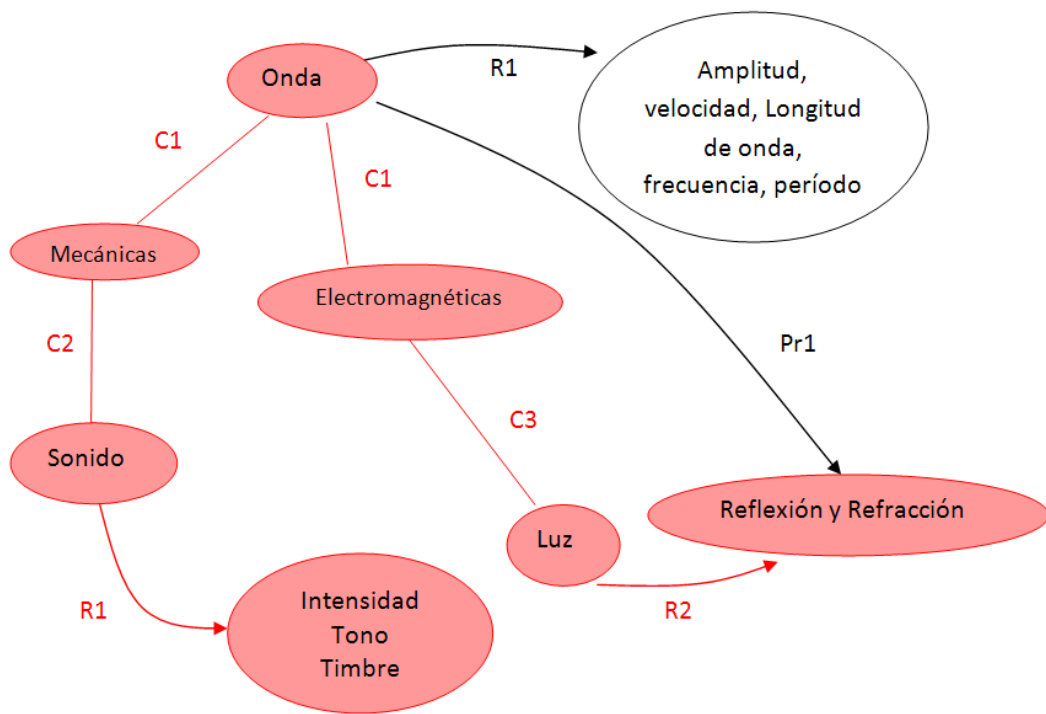
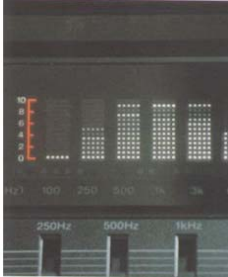


Ilustración 20. Red teórico-factual, libro tradicional 1

R1: Las ondas tienen características. El sonido por ser una clase de onda (C1 y C2) tiene cualidades que le caracterizan

Una vez introducidas las características comunes de las ondas, el libro incorpora el tema de las características del sonido (cualidades) y cómo estas dependen de dichas características.

| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|---|---|
| Texto | <i>“La intensidad depende de la energía que transporta y es</i> |

| | <p><i>proporcional a la amplitud [...] Los seres humanos podemos percibir el sonido, hasta una intensidad mínima denominada umbral de audición. La variedad de intensidades a la que el oído es sensible es muy amplia...”</i></p> <p><i>“El tono depende de la frecuencia de la onda sonora. Las altas frecuencias se corresponden con sonidos agudos y las bajas con los graves [...] No todas las frecuencias son audibles para el oído humano, podemos sentir los sonidos que se encuentran entre los 20 y los 20.000 Hz”</i></p> <p><i>“El tono permite diferenciar una nota de la escala musical de otra, pero es bien sabido que no suena igual una nota tocada con un violoncelo, que la misma nota tocada con un violín o con una trompeta [...] La característica que nos permite diferenciar un instrumento musical de otro es el timbre”</i></p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|-----------|---------|----------------------|---|------------------------------|----|-------------------|----|-----------------------|----|--------------------|----|--------------------|----|----------------------|----|-----------|-----|------------------|-----|--------------------------------|-----|---------------|-----|
| <p>Imágenes</p> | <table border="1" data-bbox="555 801 900 1077"> <thead> <tr> <th>Activitat</th> <th>Decibel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Llíndar de l'audició</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Remor de les fulles del bosc</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Classe en silenci</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Conversa en veu baixa</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Conversa ordinària</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Carrer amb trànsit</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>Pas d'un tren a 30 m</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>Discoteca</td> <td>115</td> </tr> <tr> <td>Llíndar de dolor</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>Proximitat al vol d'un reactor</td> <td>130</td> </tr> <tr> <td>Espetec sònic</td> <td>150</td> </tr> </tbody> </table>  | Activitat | Decibel | Llíndar de l'audició | 0 | Remor de les fulles del bosc | 20 | Classe en silenci | 35 | Conversa en veu baixa | 40 | Conversa ordinària | 60 | Carrer amb trànsit | 70 | Pas d'un tren a 30 m | 90 | Discoteca | 115 | Llíndar de dolor | 120 | Proximitat al vol d'un reactor | 130 | Espetec sònic | 150 |
| Activitat | Decibel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Llíndar de l'audició | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Remor de les fulles del bosc | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Classe en silenci | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Conversa en veu baixa | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Conversa ordinària | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carrer amb trànsit | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pas d'un tren a 30 m | 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Discoteca | 115 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Llíndar de dolor | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Proximitat al vol d'un reactor | 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Espetec sònic | 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Preguntas</p> | <p><i>Investiga cuáles son las diferentes frecuencias de las notas de la escala musical.</i></p> <p><i>Gracias a qué característica del sonido podemos diferenciar la voz de dos personas, si ambas hablan con el mismo tono.</i></p> <p><i>¿En qué unidades se puede medir la intensidad del sonido?</i></p> <p><i>Qué sonidos tienen frecuencias mayores, ¿los agudos o los graves?</i></p> <p><i>¿A qué longitudes de onda es capaz de cantar un artista que puede emitir sonidos entre 100 y 1500 Hz?</i></p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Actividad práctica</p> | <p>No propone</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Para esta relación, el libro define la intensidad y el tono en base a características conocidas, frecuencia e intensidad de onda, respectivamente. Sin embargo la explicación que da sobre el timbre es bastante “pobre” y abstracta, sin profundizar en ello con imágenes o preguntas que ayudasen a reforzar la idea.

La conexión entre teoría y mundo, en este caso, proviene básicamente de los ejemplos utilizados en las explicaciones como es el caso de hablar sobre los límites de audición del ser humano, las notas de la escala musical o los instrumentos musicales.

Por otra parte, las imágenes mostradas en este apartado están orientadas a entregar información adicional, en el caso de la tabla de valores de los decibeles para diferentes situaciones, o bien ayudar en la visualización de lo que el libro está explicando en torno al tema, en el caso del ecualizador.

En el caso de las preguntas, estas mayormente son cualitativas y se basan en las características de las ondas, aplicadas al sonido incluyendo un ejercicio cuantitativo con el cual se debe aplicar la relación matemática entre dichas características, lo que hace pensar en una representación más matemática de las cualidades del sonido.

Si las explicaciones son escasas, se podría haber propuesto alguna actividad práctica que complementase las ideas; sin embargo, este libro no propone ninguna al respecto, por lo que el tema acaba con la definición del timbre citada.

R2: La luz por ser una onda (C1 y C3) también se refleja y refracta

| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|--|--|
| Texto | <p><i>“El hecho de que la luz se comporte como una onda nos indica que cuando llega a una determinada superficie se reflejará”</i></p> <p><i>“Los espejos planos son superficies planas y pulidas que pueden reflejar la luz y como una consecuencia de esta reflexión se producen imágenes”</i></p> <p><i>“Tal como pasa con el resto de las ondas, la luz se propaga con diferente velocidad según esté en un medio o en otro. En un apartado anterior [Refracción de las ondas en general], explicábamos que esta es la causa de que cuando hay un cambio de medio tenga lugar una desviación”</i></p> <p><i>“Al hablar de la luz es muy interesante definir lo que se denomina índice de refracción absoluto, n. Que se obtiene del cociente entre la velocidad de la luz en el vacío [...] y la velocidad de la luz en el medio donde se propaga... Podemos presentar la ley de Snell de la siguiente manera: $n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$”</i></p> <p><i>“La fibra óptica se basa en el fenómeno de la reflexión total interna”</i></p> |

| | |
|---------------------------|---|
| | <i>“Las lentes son medios transparentes limitados por superficies curvas regulares en las cuales se producen refracción de la luz”</i> |
| Imágenes | |
| Preguntas | <p><i>“Haz un diagrama de rayos de la imagen de un objeto situado delante de un espejo plano. Di cuáles son las características de la imagen”.</i></p> <p><i>“Deduce la ley de Snell para la propagación de la luz, a partir de la expresión de esta ley para las ondas en general.”</i></p> <p><i>“Si un rayo que se propaga en el aire ($n=1$) incide con un ángulo de 30° sobre una superficie de agua ($n=1,33$) calcula el ángulo de refracción”.</i></p> <p><i>“¿Cuál es el ángulo límite para un rayo que se propaga a través del vidrio ($n=1,5$) y sale al aire?”</i></p> <p><i>“Haz un diagrama de rayos de la imagen de un objeto situado entre el foco y el centro óptico de una lente convergente. Di cuáles son las características de la imagen.”</i></p> |
| Actividad práctica | <i>“Formación de imágenes con lentes convergentes”</i> |

A través de la relación de propiedad entre Onda y Reflexión-Refracción (Pr1) el libro introdujo las nociones sobre ambos fenómenos, como una propiedad que tienen todas las ondas, en general, y con un sello netamente teórico

En el caso de la luz, puntualmente, el libro estipula que por ser un tipo de onda también se reflejará y refractará, pero en este caso las explicaciones van acompañadas de ejemplos más reales como es el caso de la formación de imágenes en espejos planos o con lentes convergentes. De hecho, la actividad práctica propuesta invita al lector a realizar observaciones sobre esto último.

Las imágenes en este caso constituyen representaciones de tipo geométricas que complementan las explicaciones, siendo esta una manera de mirar los fenómenos.

Por otra parte, las preguntas son básicamente de 2 tipos, ejercicios cuantitativos y ejercicios cualitativos. Los ejercicios cualitativos buscan aplicar las relaciones matemáticas ya propuestas entre las velocidades de propagación y los índices de refracción (ley de Snell), siendo ésta manera de mirar o hablar de los fenómenos, un tipo de interpretación adicional al geométrico. Los ejercicios cualitativos refuerzan las ideas sobre las representaciones geométricas, pidiendo la construcción de diagramas de rayos para cierto tipo de lentes y espejos.

Libro Tradicional 2:

En el caso del libro tradicional 2, se aprecia mayor cantidad de relaciones teórico-factuales, que solo conceptuales, lo cual es indicio de que el libro busca conectar mayormente, o continuamente, teoría y mundo.

Revisemos las relaciones destacadas para este caso.

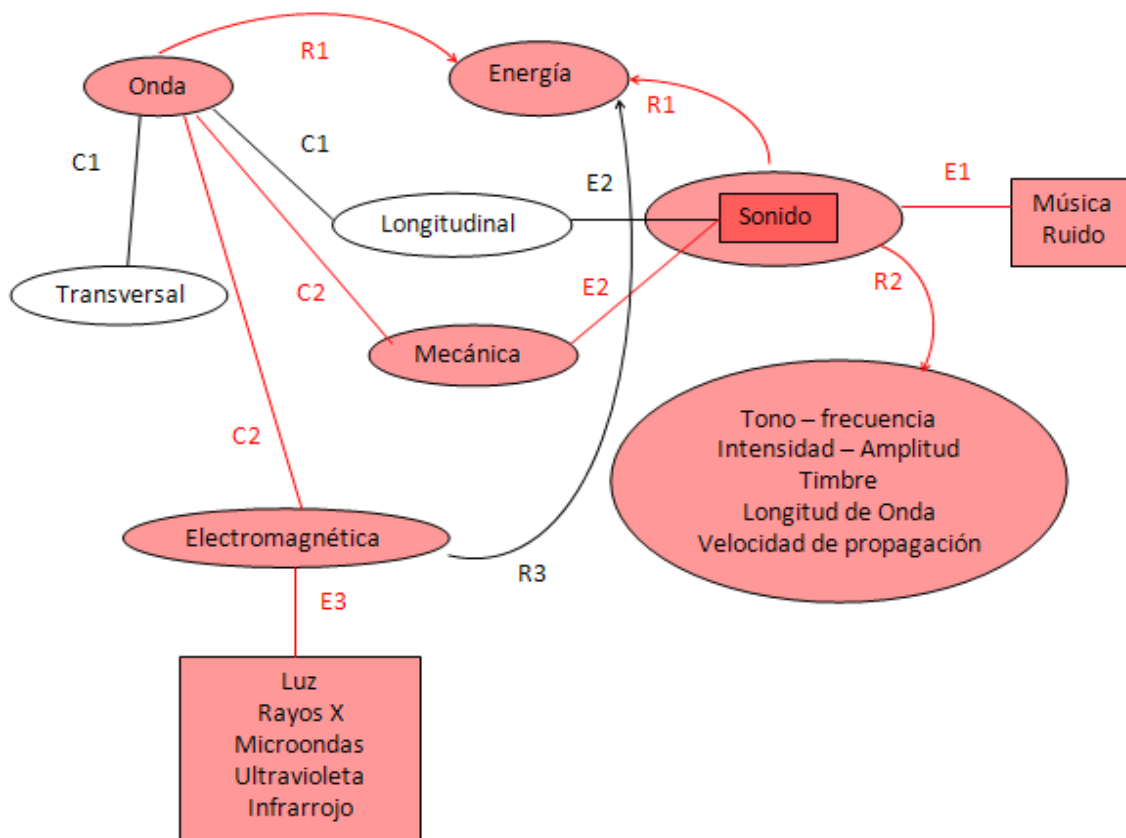
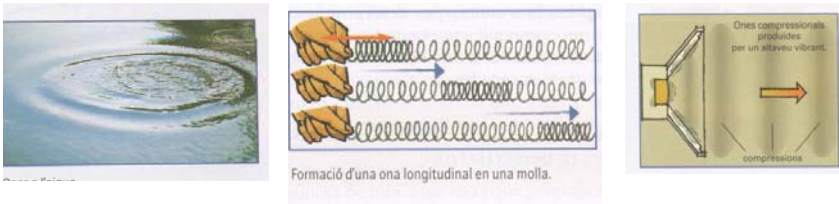
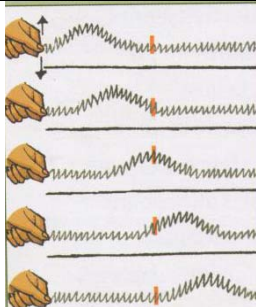


Ilustración 21. Red teórico-factual, libro tradicional 2

R1: Propagación de la energía. Los conceptos “onda” y “sonido” se definen como formas de propagación del concepto “energía”

En este caso, el libro recurre a analogías mecánicas, en términos de movimiento, para explicar como se propaga la energía en una onda, y las preguntas y actividades que sugiere van orientadas hacia la confirmación de ese hecho.

| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|---|--|
| Texto | <p><i>“Si lanzamos una piedra al agua, observaremos que en la superficie de esta aparece una onda en forma de círculo que extiende la perturbación por toda la superficie; parece que el agua se desplaza con la onda. Para demostrar que esto no es así, hemos de poner sobre la superficie del agua trozos de corcho flotantes y comprobar que, al ser atrapados por la onda, los corchos suben y bajan pero no se desplazan”</i></p> <p><i>“Una onda es una forma de propagación de energía que no va</i></p> |

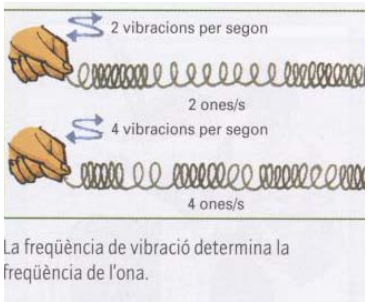
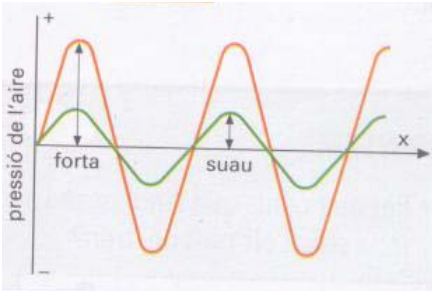
| | |
|---------------------------|---|
| | <p><i>acompañada de transporte de materia”</i></p> <p><i>“Traslademos este modelo [del muelle] a las ondas sonoras”</i></p> |
| Imágenes |  <p>Formació d'una ona longitudinal en una molla.</p> <p>Ones compressionals produïdes per un altaveu vibrant.</p> |
| Preguntas |  <p><i>“La figura muestra, en diferentes etapas, una onda que se ha formado al zigzaguear un muelle. A partir del dibujo, explica porqué decimos que en una onda se propaga energía pero no materia”</i></p> |
| Actividad práctica | <p>Experiencia: Ondas en el agua. Formar ondas en una cubeta de agua con un lápiz.</p> |

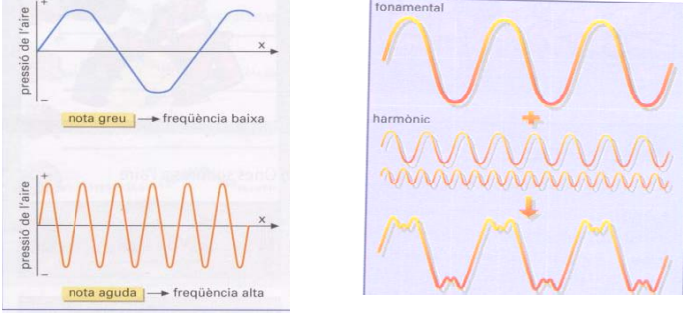
La conexión con el mundo se realiza a través de las explicaciones visualizadas con muelles, y mostrando como ejemplo las ondas generadas en el agua, lo cual el lector puede comprobar con materiales sencillos a través de la actividad sugerida.

R2: El sonido tiene características que se relacionan con las características propias de todas las ondas, ya que el sonido es una clase de onda (C2)

Las formas que el libro utiliza en este caso, para referirse a las características del sonido atienden a dos tendencias. Por una parte se insiste en la idea de que los sonidos son producidos por un objeto que vibra, y desde ahí se dan nombres a las características de dichos sonidos dependiendo de como es la vibración que los origina.

| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|--|--|
| Texto | <p><i>“Desde pequeños los niños y las niñas aprenden a diferenciar los sonidos que les rodean. Todos conocemos la voz de nuestros familiares o amigos y los sonidos cotidianos como el del agua en movimiento o de los coches. Si nos agrada la música, es probable que sepamos distinguir una nota de otra o el instrumento que suena. Todos estos sonidos son diferentes y la diferencia se basa</i></p> |

| | |
|------------------------|---|
| | <p>en tres características: el tono, la intensidad y el timbre”</p> <p>“la palabra tono se utiliza para describir si una nota es alta (aguda) o baja (grave). Una nota es aguda si está producida por un objeto que vibra muy de prisa; por el contrario, una nota grave está producida por un objeto que vibra lentamente. La palabra frecuencia se utiliza para describir la rapidez con que vibra un objeto [...] Es el número de ondas completas producidas por segundo”</p> <p>“La música es una combinación de notas y éstas, a su vez, son sonidos que tienen una frecuencia determinada”</p> <p>“La intensidad del sonido es la característica que mide la energía que transporta la onda sonora [...] Para que vibre la cuerda de una guitarra, hay que separarla de su posición de reposo... La distancia máxima que recorre la cuerda al vibrar... es la amplitud. La intensidad del sonido es más grande... cuanto más grande es la amplitud de la vibración. Por lo tanto un sonido más intenso significa una onda sonora de más amplitud y que propaga más energía”</p> <p>“Diferenciamos claramente una nota emitida por un piano de una nota emitida por una guitarra. Más notas tienen un timbre diferente. La misma nota emitida por diferentes instrumentos tiene la misma frecuencia fundamental que es la característica de la nota, pero hay otras frecuencias más altas que se mezclan con la fundamental, estas se denominan armónicos. El número, la frecuencia y la amplitud de estos armónicos son los responsables de los diferentes timbres de la misma nota emitida por diferentes instrumentos</p> |
| <p>Imágenes</p> | <p>Tono:</p>  <p>Intensidad:</p>  |

| | |
|----------------------------------|---|
| | <p>Timbre:</p>  |
| <p>Preguntas</p> | <p><i>Quando se toca un instrumento de cuerda como la guitarra o el violín, con el dedo, acertamos la longitud de la cuerda que hacemos vibrar.¿Qué pasa con el tono de una cuerda cuando la acertamos?</i></p> <p><i>Dibuja las ondas que representan dos sonidos que tienen el mismo tono e intensidad diferente. Indica cuál es el sonido más intenso. Haz lo mismo con dos sonidos que tengan la misma intensidad y tono diferente. Indica cuál es el sonido más agudo.</i></p> |
| <p>Actividad práctica</p> | <p>Medida de la frecuencia de un péndulo</p> |

Por otra parte, las imágenes apuntan hacia una representación gráfica de las ondas a través de curvas sinusoidales que permiten representar las características de las ondas, y utilizarlas para identificar las características del sonido con las que guardan relación.



Las preguntas siguen la línea de ambas representaciones, una gráfica y otra mecánica, y la actividad práctica sugerida busca establecer relaciones entre las magnitudes características del sonido a partir de un montaje experimental de tipo mecánico.

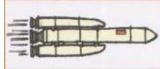

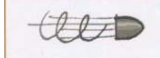

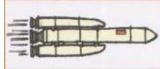

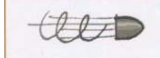

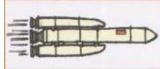

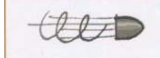

Las explicaciones que el libro da sobre el sonido y sus características surgen de algo conocido por los alumnos como lo es la música, y las notas musicales, estableciendo relaciones entre las terminologías científicas y algo cotidiano como lo son los instrumentos musicales. Dicha conexión es desde un punto de vista factual, de tipo académico, ya que las explicaciones, a pesar de surgir de cosas conocidas son elaboradas en términos científicamente construidos, como por ejemplo, el número de oscilaciones por segundo para referirse a la frecuencia, o hablar de armónicos para referirse al timbre como cualidad.

Llama la atención, en primera instancia, que las imágenes que representan gráficas no llevan ejes coordenados adecuados, por lo que su interpretación es más bien simbólica en el sentido de que parecen representar una “noción de..” o una “idea de..” en vez de representar realmente frecuencias, timbres e intensidades.

C2: Las ondas pueden ser mecánicas o electromagnéticas según si necesitan o no un medio para propagarse. El sonido es un ejemplo de onda mecánica (E2)

La relación establecida entre el concepto “Sonido” y “ondas mecánicas” indica que el sonido es un ejemplo de una clase de onda llamadas mecánicas, que son aquellas que necesitan de un medio de propagación tal como afirma el texto escrito en el libro.

| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|--|--|
| Texto | <i>“El sonido necesita un medio material para propagarse, por lo tanto, no se propaga por el vacío. Es un ejemplo de una onda mecánica. Hay una experiencia que nos permite demostrar este hecho. Colocamos un timbre eléctrico en una campana de vidrio y hacemos el vacío. Se extrae el aire poco a poco y el sonido se va haciendo cada vez más tenue hasta que se deja de percibir, cuando el vacío en la campana es total”</i> |
| Imágenes |  <p>Diagrama que muestra un timbre eléctrico dentro de una campana de vidrio. El timbre está conectado a una batería a través de cables. Una manguera de la bomba de vacío está conectada a la campana. Hay una etiqueta que dice 'connexió amb una bateria' y otra que dice 'cap a la bomba de buit'.</p> |
| Preguntas | <p><i>¿Por qué crees que el indio pone la oreja sobre los rieles del tren?</i></p> <p><i>¿Cuanto tiempo tarda un sonido en recorrer 3,0 km a través del aire? Y a través de los rieles de un tren? [los valores para la velocidad del sonido se dan en una tabla para varios medios]</i></p> <p><i>Una manera de saber si una tempestad está lejos o cerca consiste en medir el tiempo que tarda en sentir el trueno una vez se ha visto el relámpago. Si el tiempo entre uno y otro es de 8</i></p>  <p>Ilustración que muestra un indio poniendo su oreja sobre los rieles de un tren. Hay un poste de señales y un paisaje de fondo.</p> |

| | <p><i>segundos, a que distancia está la tempestad?</i></p> <p><i>¿Cuál es la velocidad del sonido por el aire? Fijate en la tabla siguiente. ¿Qué va más a prisa que la velocidad del sonido?</i></p> <table border="1" data-bbox="710 347 1173 705"> <thead> <tr> <th></th> <th></th> <th>Distància recorreguda m</th> <th>Temps s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>coet</td> <td>900</td> <td>3,0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>avió</td> <td>1 000</td> <td>2,0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>projectil</td> <td>100</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td></td> <td>meteorit</td> <td>3 000</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table> | | | Distància recorreguda m | Temps s |  | coet | 900 | 3,0 |  | avió | 1 000 | 2,0 |  | projectil | 100 | 0,5 |  | meteorit | 3 000 | 0,1 |
|---|--|----------------------------|------------|----------------------------|------------|---|------|-----|-----|---|------|-------|-----|---|-----------|-----|-----|---|----------|-------|-----|
| | | Distància recorreguda m | Temps s | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | coet | 900 | 3,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | avió | 1 000 | 2,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | projectil | 100 | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | meteorit | 3 000 | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Actividad práctica | Ondas longitudinales en un muelle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Que el sonido necesite de un medio de propagación implica, en consecuencia, que el sonido no se transmite a través del vacío, lo cual queda demostrado a través de la evidencia experimental que en este caso no se sugiere reproducir, solamente se entrega la explicación pertinente acompañada de una imagen que ayuda a visualizar la explicación, o al menos el montaje de los instrumentos utilizados para llevar a cabo dicha actividad experimental.

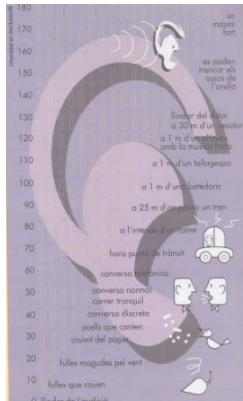
En el caso de las preguntas, se insiste en la idea de que el sonido se propaga más rápido por medios sólidos que líquidos y gases, sin embargo en ningún momento se da una explicación de dicha situación por lo que tal tarea amerita una correcta intervención del profesor o bien la sugerencia de consultar fuentes de información adicionales. Continuando con las preguntas, se observa la tendencia hacia preguntas de tipo cuantitativas por lo que es posible afirmar que el tratamiento del tema, y las posibilidades de intervenir en el mundo trabajando con ejemplos reales, se hace a través de herramientas matemáticas y de las relaciones entre características como la velocidad del sonido, tiempo y distancias recorridas.

Sobre el uso de este tipo de relaciones matemáticas trata la actividad práctica propuesta donde el alumno puede generar una onda utilizando un muelle, realizar mediciones y aplicar las relaciones matemáticas pertinentes para obtener la velocidad de propagación de dicha onda.

En general, las ideas sobre la propagación del sonido son vistas desde un punto de vista matemático por sobre uno conceptual, dado que en ningún momento se dan ideas sobre cómo es el proceso de propagación en sí o por qué la diferencia de velocidad de propagación entre un tipo de material por sobre otro.(en algunos casos de utilizan analogías mecánicas de pelotas y muelles para hablar sobre esto).

E1: “La música o el ruido son ejemplos de sonidos”

Que el ruido sea un ejemplo de sonido, implica que se puede hablar de él en términos ondulatorios, asociándole todas las características ondulatorias y mirándolo desde esa perspectiva.

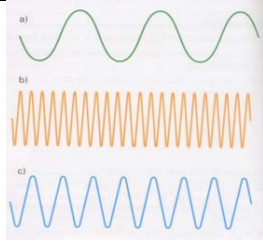
| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|--|--|
| Texto | <p><i>“La música o el ruido son ejemplos de sonido”</i></p> <p><i>“Las personas que viven en una calle con mucho tránsito o cerca de un aeropuerto, saben que el ruido puede llegar a ser muy molesto. El ruido también se puede considerar un contaminante como el humo. El ruido es más molesto cuanto más grande sea su intensidad. Para medir la intensidad de un sonido se utiliza un sonómetro, que tiene una escala en decibeles”</i></p> |
| Imágenes |  <p>[La imagen es un fondo para una escala de valores de los decibeles de diferentes sonidos]</p> |
| Preguntas | <p><i>A través de la escala de decibeles, haz una estimación del nivel de decibeles en tu casa o en tu clase.</i></p> <p><i>¿Cuáles son los sonidos que mas te molestan cuando estás en casa?</i></p> <p><i>De los vehículos con ruedas, ¿cuáles son los más ruidosos?</i></p> <p><i>Hay momentos en que te molesta el ruido? Si contestas que si, comenta estos momentos</i></p> |
| Actividad práctica | No propone actividades prácticas |

A través del concepto “Ruido” el libro habla de una problemática importante en nuestros días que es la contaminación acústica e invita al lector a plantearse cosas en torno a este problema en su propio entorno. De todas maneras considero que sería aún más interesante fomentar la medición de la intensidad del sonido en diferentes sitios o situaciones y llevar la reflexión a un terreno práctico.

E3: La luz, los rayos X, etc... son ejemplos de Ondas Electromagnéticas

En este caso, el libro habla de las ondas electromagnéticas como un tipo de onda más, que no necesita de un medio para propagarse, y donde la luz es un ejemplo más entre muchos tipos de ondas electromagnéticas.

| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|--|---|
| Texto | <p><i>“La luz, los rayos X, las microondas, los rayos infrarrojos o los ultravioletas son ejemplos de ondas que pertenecen a una familia de radiaciones de nominada ondas electromagnéticas que no necesitan un medio material para propagarse, es decir, se pueden propagar por el vacío”</i></p> <p><i>“La luz es la única radiación que podemos ver. La luz blanca es una mezcla de radiaciones de colores que van desde el rojo al violeta tal como se puede observar en el arco de San Martín, o pasándola por un prisma”</i></p> |
| Imágenes | |
| Preguntas | <p><i>Mira la figura del espectro electromagnético, [La de arriba] ¿Qué relación encuentras entre la frecuencia y la longitud de onda?</i></p> <p><i>¿Qué caracteriza a las ondas electromagnéticas?</i></p> <p><i>En la figura se muestran 3 ondas que representan rayos y ondas de la radio y rayos UV. Indica cual es cada una.Cuál es la que tiene la frecuencia mas alta?</i></p> |

| | |
|---------------------------|---|
| | <p><i>¿Qué color de la luz blanca tiene la longitud de onda mas pequeña?, ¿Y cuál la mas grande?</i></p> <p><i>Calcula la logitud de onda de una onda del infrarrojo que tiene una frecuencia de 10^{13} Hz</i></p> <p><i>Mira el dial de una radio y anota las escalas y los intervalos de frecuencia que hay. Qué frecuencias son más altas, las de FM (frecuencia modulada) o las de AM (ondas medianas y largas). ¿Cuál es el intervalo de longitudes de onda?</i></p>  |
| Actividad práctica | No propone actividad práctica |

Si recordamos el texto de la introducción del capítulo (ver datos), se mencionaban varios ejemplos de ondas electromagnéticas, como la luz, las ondas de radio o las microondas, por mencionar ejemplos que sean conocidos para los alumnos. De este modo, el libro establece una conexión con el mundo real a través de los ejemplos pero dejándolo a un nivel conceptual ya que no establece posibilidad de práctica alguna. Aún así, la conexión teórica queda a un nivel de ejemplos, ya que ninguno de ellos es tratado en profundidad, solo se mencionan.

Si observamos la relación 3 **(R3)**, el libro establece que las ondas electromagnéticas transportan energía, dicha relación junto a al dibujo utilizado para representar las ondas y el tipo de preguntas que realiza, nos lleva a pensar en una visión gráfica de las ondas, donde lo importante no es la transmisión de energía sino, la distinción que de ellas podemos hacer observando sus representaciones como ondas sinusoidales más “apretadas” o más “separadas”. Por ejemplo la pregunta que muestra la imagen de 3 ondas diferentes, pide indicar a qué tipo de onda corresponde cada una, y en este caso las gráficas ni siquiera tienen ejes coordenados, por lo que parece no interesar la información que permite construir dichas gráficas sino solamente sus características gráficas, o sea, del dibujo en sí mismo.

Libro Digital 1:

En este caso la red teórico-factual indica que la conexión con el mundo se realiza a partir de los conceptos de luz y sonido, y de las relaciones que el libro estipula entre dichos conceptos con sus características y algunos fenómenos ondulatorios.

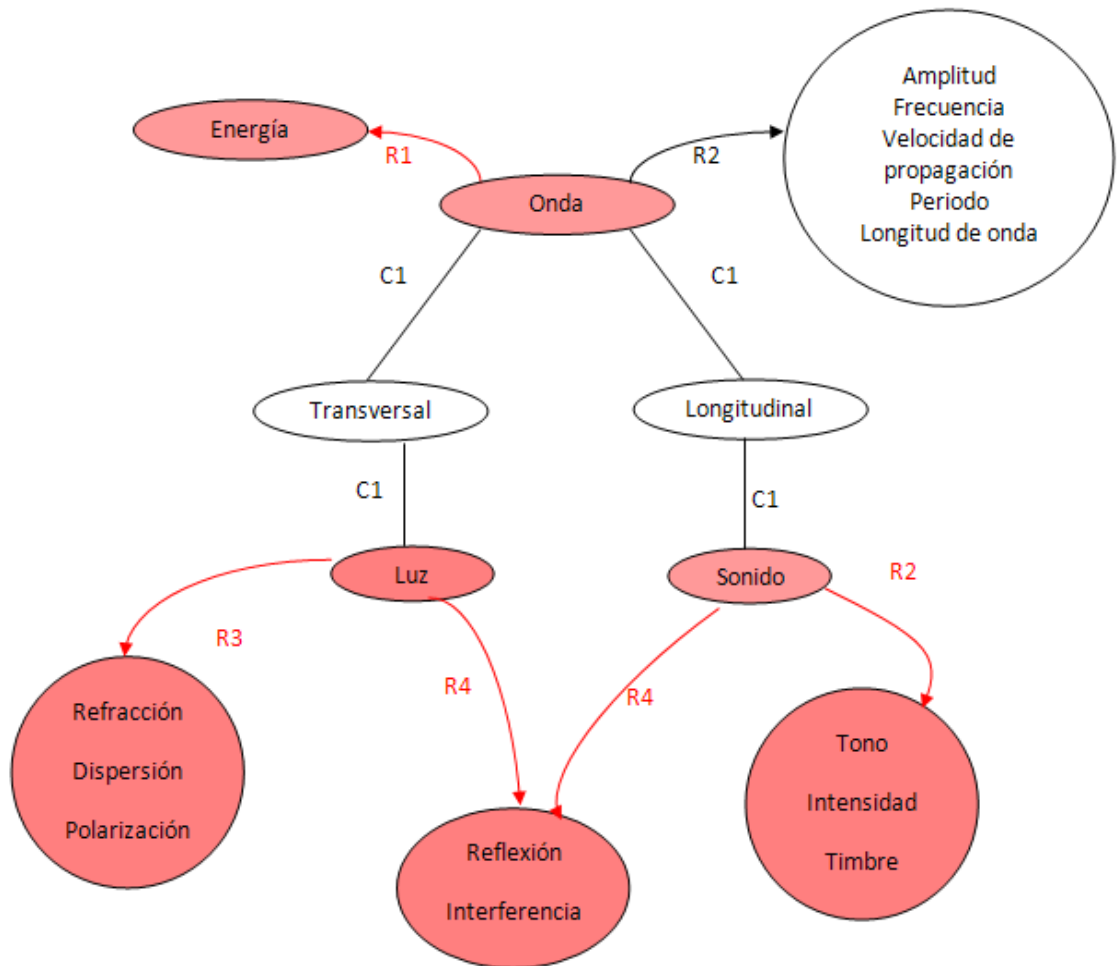



Ilustración 22. Red teórico-factual, libro digital 1

R1: Una onda transmite energía (a través de la propagación de la perturbación que la genera)

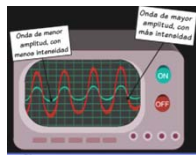


| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|--|--|
| Texto | <p><i>“El movimiento ondulatorio es aquel en el que se transmite energía...”</i></p> <p><i>“La transmisión de la energía se hace mediante la propagación de una perturbación que llamamos Onda...”</i></p> <p><i>“Para entender bien las ondas, lo primero que hay que tener claro es que las ondas transportan energía pero no materia...”</i></p> <p><i>“... en el caso de una onda que se propaga a lo largo de una cuerda, esta energía hace oscilar arriba y abajo las partículas de la cuerda, que constituyen el medio por el cual se propaga la onda...”</i></p> |
| Imágenes |  <p>The 'Imágenes' section contains three illustrations. The top left shows a person with blonde hair and sunglasses surfing on a yellow surfboard on blue water. The top right shows a person in a green suit holding a chain of blue spheres connected by springs. The bottom center shows a person in a green suit holding a string that is attached to a ball with a blue and orange pattern, which is suspended in the air.</p> |
| Preguntas | <i>No se plantean preguntas en torno al tema</i> |
| Actividad práctica | No se sugieren actividades prácticas |

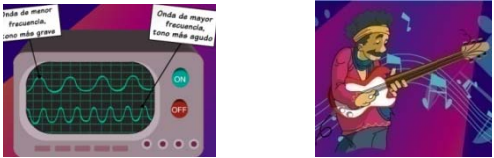


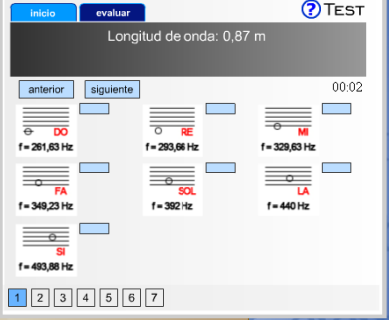
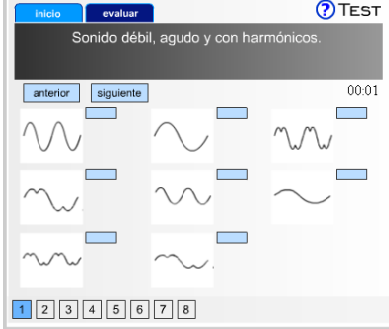
En cuanto a propagación de las ondas se refiere el libro lo hace en función del proceso de transmisión de energía, para lo cual recurre a ejemplos de tipo mecánico hablando de partículas o mostrando ondas en cuerdas por ejemplo.

El hecho de que no formule preguntas en torno al tema o que no sugiera actividades prácticas, hace que las ideas queden a un nivel bastante teórico y conceptual, con la salvedad de que los ejemplos que menciona y utiliza para hablar de esto pueden ser más cercanos al lector y desde ese punto de vista podríamos decir que de algún modo el libro está intentando establecer una conexión entre teoría y hecho, aunque en el fondo continúe siendo teoría.

R2: Las Ondas tienen características. El sonido tiene cualidades propias que lo caracterizan.

En esta relación la conexión con el mundo se hace mayormente por los ejemplos que menciona, ya que desarrolla el tema en torno a la música y menciona otras aplicaciones.

| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|--|--|
| Texto | <p><i>“Las ondas sonoras tienen una serie de características que permiten distinguir [...] la intensidad, el tono y el timbre. Los instrumentos musicales se tienen que construir y afinar para que estas características sean las óptimas”</i></p> <p><i>“la intensidad de un sonido está relacionada con la amplitud de la onda sonora [...] Cuando el nivel sonoro en un determinado ambiente es excesivo, se habla se contaminación acústica...”</i></p> <p><i>“El tono de un sonido está relacionado con su frecuencia. [...] En una guitarra, por ejemplo, el tono depende de la longitud de la cuerda que vibra, que el guitarrista modifica con los dedos. Cuanto más larga es la parte de la cuerda vibrante, más grave es la nota que produce”</i></p> <p><i>“El timbre de un sonido tiene que ver con la composición de la onda sonora, en general, una onda sonora está formada por una onda principal a la que se le superponen unas ondas secundarias, llamadas Harmónicos. Es la diferencia entre estos harmónicos superpuestos en una misma onda sonora principal la que permite diferenciar los timbres de los instrumentos o las voces de las personas.</i></p> <p><i>“La forma y el material de una instrumento determinan sus harmónicos y, por lo tanto, su timbre. En el caso de la voz, son las características de las cuerdas vocales y de los órganos de su entorno las que determinan el timbre de la voz”</i></p> |
| Imágenes | <p>Intensidad:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Contaminación acústica:</p>  |

| | |
|----------------------------------|---|
| | <p>Tono:</p>  <p>Infrasonidos y ultrasonidos:</p>  <p>Timbre:</p>  |
| <p>Preguntas</p> | <p><i>Relaciona cada nota musical con su longitud de onda</i></p> <p><i>[Se dan, para cada nota, los valores de la frecuencia y la longitud de onda]</i></p>  <p><i>Relaciona cada onda con el tipo de sonido correspondiente (ej: debil, agudo y con armónicos)</i></p>  |
| <p>Actividad práctica</p> | <p>No propone actividades prácticas</p> |

La relación entre el concepto “sonido” y los conceptos “tono, timbre e intensidad” se basa en una manera de hablar sobre las características del sonido pero en términos de sus cualidades propias. Estas cualidades se relacionan con las características propias

de cualquier onda pero cobran sentido en el contexto de lo relacionado con cualquier sonido.

Para hablar de estas cualidades el libro utiliza como ejemplo la música básicamente, mencionando el caso de ciertos instrumentos musicales y de cómo los sonidos que percibimos de ellos dependen de estas cualidades.

Es posible distinguir como las explicaciones que el libro escribe para las tres cualidades del sonido van acompañadas de imágenes decorativas al mismo tiempo que de gráficas, supuestamente obtenidas por osciloscopios, que ayudan a representarlas. Con estas gráficas se pueden visualizar y comparar dos sonidos de diferente intensidad por ejemplo.

Podemos decir entonces que en este caso la conexión que se logra hacer al hablar de la música se desvía de lo que inicialmente sería la creación y propagación de sonidos, visto desde un punto de vista ondulatorio, para pasar a ser algo más concreto y visual visto desde un punto de vista gráfico.

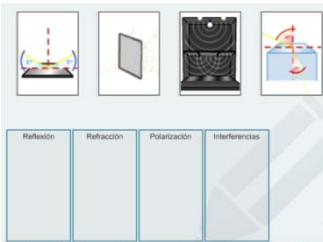
En el caso de las preguntas que el libro formula, por una parte se busca relacionar las características de las ondas “frecuencia” y “longitud de onda” de una manera matemática pero aplicadas a notas musicales. En este caso, independiente del ejemplo o aplicación, el trasfondo de la pregunta radica en aplicar relaciones matemáticas que fueron explicadas por el libro al hablar de las características de las ondas, por lo que no se está hablando o preguntando directamente por el sonido o sus cualidades, lo que permite de algún modo pensar en que en el fondo estamos hablando de lo mismo.

Por otra parte, la segunda pregunta formulada pide relacionar las representaciones gráficas de las ondas con diferentes características atribuibles al tono, timbre o intensidad. En otras palabras, pide distinguir, en las representaciones, cómo es cada una de las ondas dibujadas, para lo cual cobra sentido la comprensión y observación de las imágenes que acompañaban las explicaciones. Esto reafirma la idea de interpretar las cualidades del sonido de un manera gráfica por sobre otras formas posibles de verlas.

R3: Refracción, polarización y dispersión son fenómenos atribuibles a la luz y sus características.

Los fenómenos aquí mencionados sólo son tratados desde el punto de vista de la luz, dejando de lado el hecho de que ante todo son fenómenos ondulatorios por lo que también serían atribuibles al sonido.

| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|--|--|
| Texto | <p><i>“¿Has observado alguna vez un lápiz en el interior de un vaso de agua?, ¿verdad que se ve todo torcido? Pues este efecto se debe al fenómeno de la refracción [...] La refracción de la luz es el cambio de la dirección de los rayos luminosos cuando cambian de medio”</i></p> <p><i>El índice de refracción “no es más que la relación entre la velocidad de la luz en el vacío (c) y en el medio (v): $n=c/v$”</i></p> <p><i>“Seguro que alguna vez te has preguntado porque el cielo es azul y porque se ve tan rojo en algunas puestas de sol. Pues todos estos efectos se deben a un fenómeno llamado dispersión”</i></p> <p><i>“Hay sistemas, los polarizadores, que permiten seleccionar una sola de las ondas que forman el rayo y obtener un rayo formado por una sola onda. Este proceso se llama polarización de la luz y la luz resultante es, por lo tanto, luz polarizada ”</i></p> |
| Imágenes | |
| Preguntas | <p><i>¿Cuál es el índice de refracción del medio? La luz en este medio tiene una velocidad de 181025 km/s</i></p> <p><i>Indica si la luz se acerca o se aleja de la normal</i></p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p>COMPROBAR $n =$ <input type="text"/></p> <p><small>La luz, en este medio, tiene una velocidad de 181025 km/s. Da la respuesta con dos decimales de precisión.</small></p> </div> <div style="flex: 1;"> </div> </div> |

| | |
|---------------------------|--|
| | <p><i>Relaciona cada fenómeno con su nombre:</i></p> <p><i>(Reflexión, refracción, polarización e interferencia)</i></p>  |
| Actividad práctica | No propone actividad práctica |

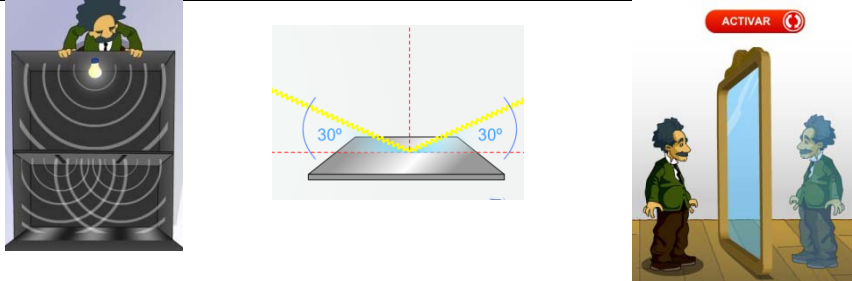


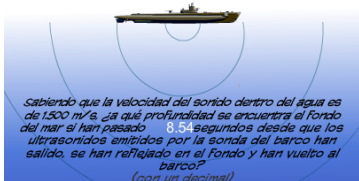
Vemos como en todas las definiciones se habla de rayos, lo que se corresponde con una visión geométrica para hablar de los fenómenos, pero no existe el mismo consenso en el caso de las imágenes, ya que muestran representaciones geométricas y gráficas indistintamente.

En el caso de las preguntas el libro hace énfasis en las representaciones ya que dos de las tres preguntas que plantea sobre los fenómenos en en torno a ellas y van más allá de la comprensión del fenómeno. Parece interesar la correcta identificación de los fenómenos con sus representaciones o interpretaciones. Junto a esto una pregunta de tipo cuantitativo donde se debe calcular el índice de refracción de un medio utilizando la relación matemática para ello expuesta.

R4: Tanto el sonido como la luz se pueden reflejar e interferir. Reflexión e interferencia son fenómenos ondulatorios atribuibles a ambos tipos de onda

Contrario al caso anterior, aparecen los conceptos “reflexión” e “interferencia”, como fenómenos atribuibles a la luz y el sonido por igual.

| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|--|---|
| Texto | <p><i>“Seguro que en más de una ocasión habrás oído a diversas personas hablando a la vez y no has podido entender qué decía cada una. O también habrás oído ruidos mientras hablabas por teléfono. Todo eso se produce a causa de uno de los fenómenos más característicos de las ondas: Las interferencias. [...] En el caso de la luz, el fenómeno de interferencia se manifiesta en</i></p> |

| | |
|----------------------------------|---|
| | <p>forma de zonas oscuras y zonas claras.”</p> <p>“La reflexión de la luz es el cambio de dirección que experimentan los rayos luminosos al encontrarse un cambio de medio, siempre y cuando este cambio de dirección redirija los rayos hacia el medio inicial [...] En realidad lo que sucede cuando un objeto se refleja en un espejo, es que el cerebro humano interpreta la trayectoria de los rayos como si vinieran del otro lado del espejo, reproduciendo así de forma simétrica las dimensiones del objeto”</p> <p>“Cómo todas las ondas el sonido se puede reflejar cuando incide sobre una superficie [...] Dependiendo de la distancia a la superficie a la superficie reflectora, el oído humano aprecia dos fenómenos diferentes: el eco y la reverberación”</p> |
| <p>Imágenes</p> |   |
| <p>Preguntas</p> | <p>Sabiendo que la velocidad del sonido dentro del agua es de 1500 m/s ¿a qué profundidad se encuentra el fondo del mar si han pasado 8.54 segundos desde que los ultrasonidos emitidos por la sonda del barco han salido, se han reflejado en el fondo y han vuelto al barco?</p> <p>COMPROBAR </p> <p>Profundidad = <input type="text"/> m</p>  <p><small>Sabiendo que la velocidad del sonido dentro del agua es de 1500 m/s ¿a qué profundidad se encuentra el fondo del mar si han pasado 8.54 segundos desde que los ultrasonidos emitidos por la sonda del barco han salido, se han reflejado en el fondo y han vuelto al barco? (con un decimal)</small></p> |
| <p>Actividad práctica</p> | <p>No se proponen actividades prácticas sobre el tema</p> |

Para estos fenómenos el libro plantea ejemplos por parte del sonido y de la luz, aunque sin profundizar mucho en ellos sobre todo en el caso de la interferencia. Las explicaciones que de los fenómenos se dan son bastantes descriptivas y en el caso de la reflexión es notoria el uso de representaciones geométricas hablando de rayos, lo cual es visualizado con la imagen alusiva.

Las imágenes utilizadas para la reflexión del sonido y la interferencia utilizan frentes de ondas para visualizar los fenómenos siendo ésta otro tipo de representación.

Como es posible ver, se plantea sólo una pregunta sobre el tema que busca la aplicación de relaciones matemáticas entre variables físicas para calcular a qué distancia está el fondo del mar dentro del contexto de la reflexión del sonido, como aplicación.

Aunque no propone actividades prácticas, el libro busca una conexión con el mundo a través de los ejemplos que menciona y las representaciones que utiliza.

Libro Digital 2:

Tal cómo en el apartado anterior se señaló (4.1. Datos), el libro digital 2 presenta el contenido sobre el sonido y la luz en capítulos por separado, por lo que las redes teórico-factuales también se presentan por separado.

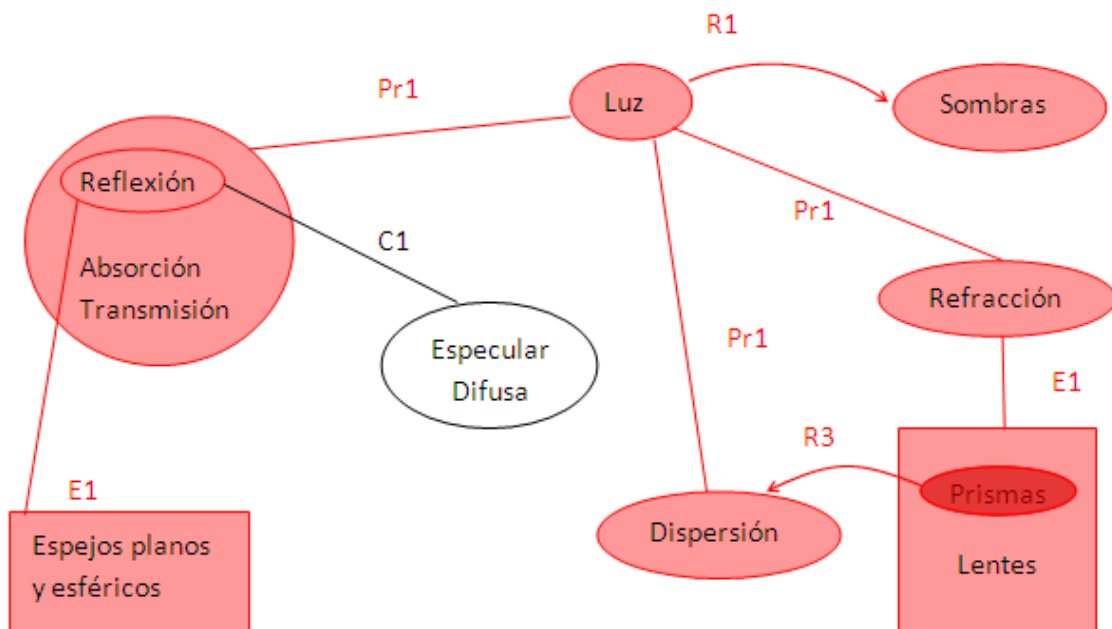


Ilustración 23. Red teórico-factual, libro digital 2, capítulo "La luz"

Es destacable el hecho de que la red pueda ser presentada mayormente en rojo, señalando de este modo que el libro busca establecer conexiones con el mundo real constantemente, hecho que es justificado a continuación.

R1: La luz viaja en línea recta. Las sombras se producen porque se interrumpe el paso de la luz

La relación entre la luz y las sombras es más que un ejemplo, es una relación que esconde detrás un hecho indiscutido por el libro que es el de que la luz viaje en línea recta.

| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|--|--|
| Texto | <p><i>“Hay una serie de hechos que nos hacen pensar que la luz viaja en línea recta. Por ejemplo, el contorno recto de un rayo de luz, las sombras que producen los cuerpos opacos y los eclipses”</i></p> <p><i>“A veces es posible ver el haz de luz proveniente de un proyector, porque las partículas de polvo y de humo suspendidos en el aire reflejan una parte de la luz hacia nosotros”</i></p> <p><i>“La figura muestra la sombra formada cuando una pelota de fútbol es colocada entre una fuente de luz puntual, como sería una pequeña bombilla, y una pantalla.”</i></p> |
| Imágenes | <p style="font-size: small;">1. Ombra total deguda a una font lluminosa puntual. 2. Ombres total i parcial degudes a una font extensa.</p> |
| Preguntas | <p><i>Indica la zona de La Tierra donde el eclipse es parcial y la zona donde el eclipse es total</i></p> |
| Actividad práctica | <i>No se proponen actividades prácticas</i> |

La formación de las sombras es un hecho extraído del mundo real para justificar el que la propagación de la luz sea en línea recta. Esta misma idea se utiliza aplicada al caso de los elipses en la pregunta propuesta donde se pide identificar qué tipo de sombra se forma en según qué zona de La Tierra, por lo que no se está cuestionando sobre el contenido en sí.

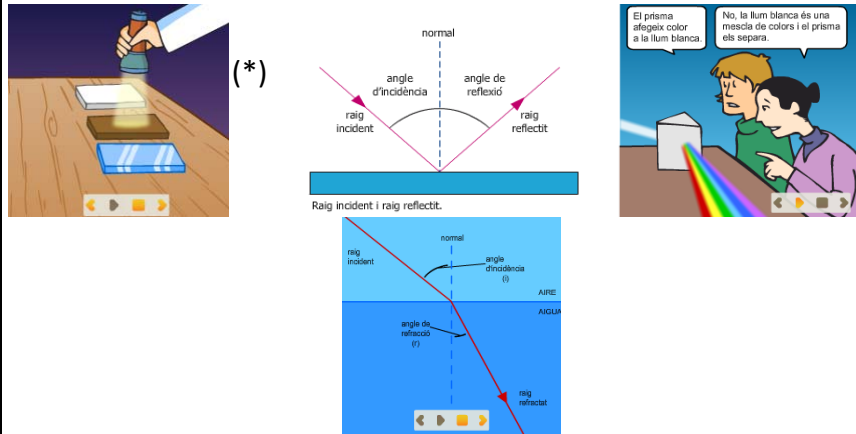
En este apartado se introduce el concepto de “Rayo” como una representación geométrica de la luz que indica su dirección de propagación, y que, como veremos más adelante, es utilizado para otros fenómenos y explicaciones posteriores.

Pr1: La luz puede ser reflejada, absorbida o transmitida por diversos materiales. Del mismo modo tiene la propiedad de refractarse y dispersarse.

Bajo el título ¿Cómo se comportan los objetos cuando les incide la luz?, se introducen diversos fenómenos ondulatorios, pero también se habla de los diferentes tipos de objetos a la vez: opacos, transparentes y translúcidos.

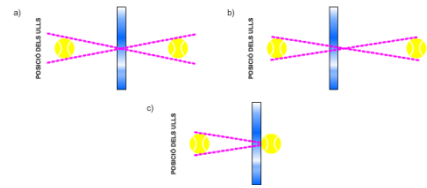
| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|--|---|
| Texto | <p><i>“Cuando la luz choca con un objeto, puede pasar una de las situaciones siguientes: Reflexión, Absorción y Transmisión [...] De todas maneras, la mayoría de las veces se dan todos estos fenómenos al mismo tiempo, pero en diferente proporción”</i></p> <p><i>“Cuando un rayo de luz incide en una superficie lisa, se refleja como se indica en la figura (*)”</i></p> <p><i>“Los rayos de luz se desvían cuando atraviesan materiales como el vidrio y el agua. Este efecto se denomina refracción y afecta la forma en que vemos las cosas”</i></p> <p><i>“La luz de que la luz cambie de dirección cuando entra en un medio diferente es que varía su velocidad”</i></p> <p><i>“Un haz fino de luz blanco que incide sobre un prisma no solamente es desviado, sino que se separa en un haz más amplio de diferentes colores [...] este fenómeno recibe el nombre de dispersión cromática o simplemente dispersión de la luz”</i></p> |

Imágenes



Preguntas

“¿Cuál crees que es el gráfico que reproduce correctamente los rayos reflejados y la posición de la imagen de una bola?”



Se exponen una serie de frases incompletas, donde, haciendo uso del material digital, se debe arrastrar cada frase hacia el encabezado correspondiente para completar la oración, las cuales, son definiciones del estilo:

“La reflexión se produce...”

La absorción se produce...

Un cuerpo opaco es aquel...”

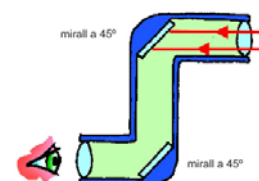
| | |
|-------------------------------------|--|
| Les ombres ens fan pensar... | |
| La reflexió es produeix... | |
| La transmissió es produeix... | |
| L'absorció es produeix... | |
| Un cos opac és aquell... | |
| Un cos transparent és aquell... | |
| Un cos translúcid és aquell... | |
| La reflexió especular és aquella... | |
| La reflexió difusa és aquella... | |



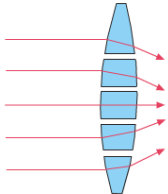

... en què els rajos surten reflectits en totes direccions. ... que deixa passar la llum a través seu.
 ... quan la llum es desvia cap enrere en contacte amb un objecte. ... quan la llum passa a través d'un objecte.
 ... que deixa passar la llum parcialment a través seu. ... que no deixa passar la llum.
 ... que la llum viatja en línia recta. ... quan la llum és absorbida per un objecte.
 ... en què els rajos surten reflectits paral·lelament.

“Observa el gráfico y responde las preguntas que se formulan:

¿Cuál crees que debe ser la trayectoria de los rayos reflejados?

Razona la utilidad de un periscopio”



| | |
|----------------------------------|--|
| | <p><i>“Coloca las definiciones bajo la figura correspondiente:”</i></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p><i>Rayo que atraviesa un espacio de aire intermedio entre dos bloques de vidrio paralelos</i></p> <p><i>Rayo de luz que pasa del aire a un bloque de vidrio de costados paralelos”</i></p> <div style="text-align: right;">  </div> <p><i>“Explica la desviación de los rayos cuando atraviesan la lente en función de la refracción que se produce en cada una de las caras de la lente. ¿Cuál es la trayectoria del rayo que pasa por el centro de la lente?”</i></p> |
| <p>Actividad práctica</p> | <p>Predice qué ocurrirá si iluminamos con una linterna las superficies que se muestran a la figura en una habitación a oscuras.</p> <p>Haz la experiencia y describe lo que observas.</p> <div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 5px; width: 150px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">Experiència</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prediu què passarà si il·luminem amb una llanterna les superfícies que es mostren a la figura en una habitació a les fosques. • Fes l'experiència i descriu el que observis.  </div> |

Los fenómenos son presentados en este caso de manera bastante dogmática, como una lista de información e ideas incuestionables. Los hechos son tal como se cuentan y los fenómenos ocurren bajo ciertas condiciones tal como el libro explica. De todas maneras, a pesar de la fuerte base teórico-conceptual de las explicaciones, éstas se plantean en base a ejemplos concretos, sacados del mundo real, por lo que de algún modo se está estableciendo una conexión, o al menos se intenta.

Las imágenes utilizan rayos para representar los fenómenos e ilustrar las explicaciones. Mayormente son animaciones que muestran el camino que recorre la luz (el rayo) en las diversas situaciones.

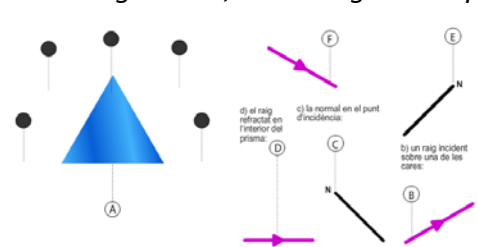
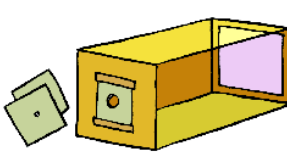
En el caso de las preguntas planteadas, también interesa la trayectoria de la luz ya que las explicaciones que se piden van en torno a ellas. Por otra parte, se plantea una pregunta de tipo cuantitativa

Sin embargo, la actividad práctica sugerida busca la observación de alguno de estos fenómenos, según el medio donde incide la luz, y básicamente consiste en reproducir las explicaciones que el libro ya ha dado y mostrado a través de las animaciones alusivas.

E1: Los Prismas y las lentes son ejemplos de situaciones donde podemos evidenciar la refracción de la luz, así como los espejos en el caso de la reflexión.

Las conexiones más evidentes entre teoría y fenómeno se dan en torno a los ejemplos donde se pueden aplicar directamente las ideas teóricas planteadas.

| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|--|--|
| Texto | <p><i>“Con los conocimientos que tenemos de la refracción, podemos predecir cómo se comportará un rayo de luz que atraviese un prisma”</i></p> <p><i>“Cuando un rayo de luz atraviesa una lente, tienen lugar dos refracciones sucesivas. En la primera la luz pasa del aire al vidrio y en la segunda pasa del vidrio al aire. Para construir la imagen del objeto observado a través de una lente, podemos dibujar el diagrama de rayos, tal como hemos hecho con los espejos, usando el trazado de dos de los rayos principales”</i></p> |
| Imágenes | <p>The image block contains three photographs and a ray diagram. The first photo shows a globe seen through a circular hole in a black board. The second photo shows a red card with a hole held over a document. The third photo shows a red card with a hole held over a book. Below the photos is a ray diagram of a concave lens. The diagram shows an object AB on the left, a virtual image A'B' on the right, and the principal foci F and F'. Two rays are traced: one parallel to the optical axis that refracts through F', and one through the optical center O that passes straight through.</p> |

| | |
|----------------------------------|--|
| <p>Preguntas</p> | <p><i>“Construye con los elementos siguientes, un diagrama que representa la trayectoria de un rayo a través de un prisma”</i></p>  <p>The diagram illustrates the refraction of light through a triangular prism. It shows a blue triangle representing the prism. Points A, B, C, D, E, and F are marked. A ray enters from the left, passes through point D, and is refracted towards the normal at point C. Another ray enters from the top right, passes through point F, and is refracted towards the normal at point E. A third ray enters from the bottom right, passes through point B, and is reflected off the surface at point N. Labels include: 'd) el ray refractat en l'interior del prisma', 'c) la normal en el punt d'incidència', and 'b) un ray incident sobre una de les cares'.</p> |
| <p>Actividad práctica</p> | <p><i>“Construye una cámara oscura como la de la figura, mediante una caja de cartón”</i></p>  <p>The illustration shows a yellow cardboard box with a lens on one side and a screen on the other, used as a camera obscura. A small green square is shown next to it, possibly representing a lens or a screen component.</p> |

En estos casos, se parte de contenidos ya explicados, aunque sean de una forma bastante arbitraria, pero son aplicables a situaciones que pueden resultar más fáciles de visualizar por el lector.

Las imágenes de las lentes buscan mostrar la cotidianidad del contenido y los diagramas de rayos se utilizan para dar una interpretación de tipo geométrico sobre el fenómeno en cuestión.

Este tipo de representación es necesario para comprender por ejemplo, cómo se forman las imágenes dentro de una cámara como la que el libro propone construir a modo de actividad práctica, y es que, aunque el proceso de transmisión de energía que ocurre en estos casos (formación de imágenes) no es explicado en ningún momento, las explicaciones sobre ello quedan en el contexto de las representaciones, las cuales pueden ser usadas como justificación de los mismos hechos.

La actividad propuesta formula el trabajo práctico del siguiente modo:

“Mira con la cámara que has construido, una bombilla o una vela encendida (es mejor que la habitación donde estés esté a oscuras) o bien mira a través de esta cámara por una ventana objetos o personas situados en la calle. Cómo se muestra la imagen que aparece en la pantalla: derecha o invertida? En color o blanco y negro? Más grande o más pequeña que el objeto? Observa cómo se modifica la imagen colocándole delante una lente convergente. Qué hace la lente?”

La actividad tiene un fin meramente descriptivo donde se pretende aplicar lo que ya se ha explicado pero también introducir conceptos nuevos si se utiliza como actividad indagatoria.

Se puede decir entonces que la conexión aquí establecida pasa directamente por los ejemplos mencionados y que quedan claramente interpretados utilizando representaciones geométricas.

Hasta aquí la revisión de la red-teórico factual elaborada para el capítulo de luz. Veamos a continuación el caso del sonido, como segundo capítulo de interés en el libro digital 2, y que ha sido elaborado destacando absolutamente todas sus relaciones en color, permitiendo decir entonces que a lo largo de todo el desarrollo del contenido el libro busca la conexión de la teoría y el mundo. Observemos cómo esto puede ser debidamente justificado.

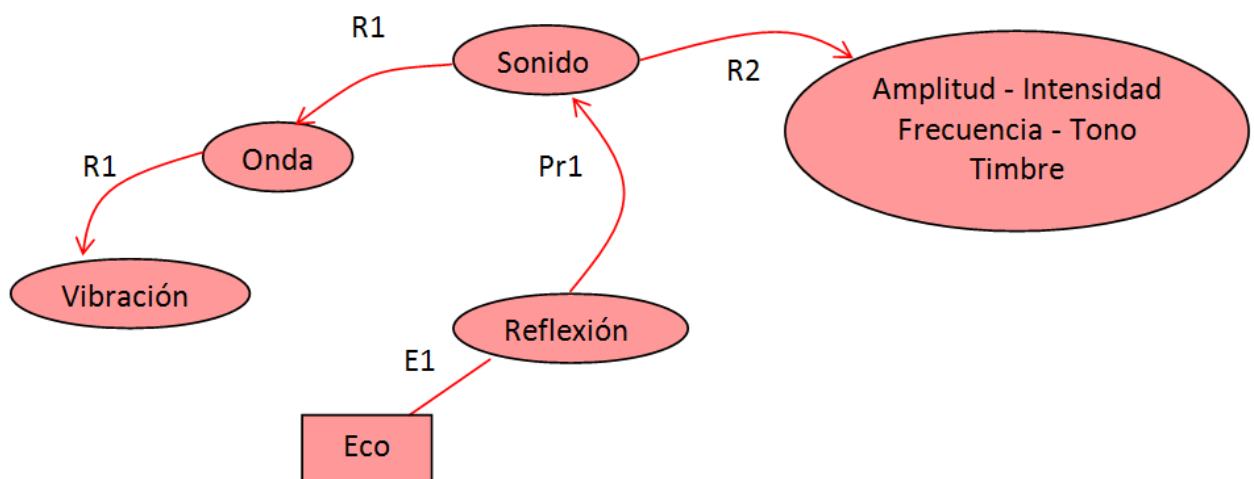
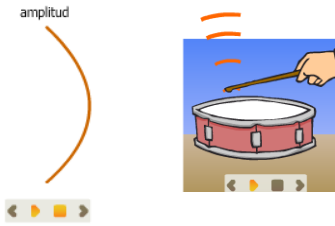
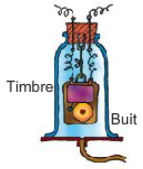


Ilustración 24. Red teórico-factual, libro digital 2, Capítulo "El sonido"

R1: Propagación. Las ondas son la propagación de la vibración. El sonido se propaga mediante ondas

Aunque en otros libros también se hablase de vibración, es éste el que pone real énfasis en que los sonidos se producen por la vibración de los objetos que los generan.

| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | | | | | | | | | | | |
|---|---|---------------|------------------------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Texto | <p><i>“Hay una gran variedad de sonidos. Unos son agradables como la música y otro desagradables, como el ruido. Así mismo, todos los sonidos tienen en común que son producidos por un objeto cuando vibra. Una vibración es un movimiento de vaivén”</i></p> <p><i>“La propagación del sonido se produce de la misma manera que una perturbación en la superficie del agua [...] Una onda es la propagación de una perturbación sin transporte de materia”</i></p> | | | | | | | | | | |
| Imágenes |  <table border="1" data-bbox="941 660 1364 795"> <thead> <tr> <th>Medi material</th> <th>Velocitat del so (m/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>aire</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>coure</td> <td>3.800</td> </tr> <tr> <td>ferro</td> <td>5.000</td> </tr> <tr> <td>aigua</td> <td>1.500</td> </tr> </tbody> </table> | Medi material | Velocitat del so (m/s) | aire | 300 | coure | 3.800 | ferro | 5.000 | aigua | 1.500 |
| Medi material | Velocitat del so (m/s) | | | | | | | | | | |
| aire | 300 | | | | | | | | | | |
| coure | 3.800 | | | | | | | | | | |
| ferro | 5.000 | | | | | | | | | | |
| aigua | 1.500 | | | | | | | | | | |
| Preguntas | <p><i>“¿Por qué el sonido situado en una campana, tal como se indica en la figura disminuirá de intensidad a medida que se va extrayendo el aire del interior de la campana?”</i></p>  <p><i>“¿En qué medio material, de los que se indican en la tabla, el sonido se propaga más rápidamente?, ¿Por qué?”</i></p> <table border="1" data-bbox="965 1131 1332 1276"> <thead> <tr> <th>Medi material</th> <th>Velocitat del so (m/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aire</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>Coure</td> <td>3.800</td> </tr> <tr> <td>Ferro</td> <td>5.000</td> </tr> <tr> <td>Aigua</td> <td>1.500</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>“En algunas películas es frecuente ver como los indios ponen la oreja en la tierra para escuchar. ¿Por qué crees que lo hacen?”</i></p> <p><i>“¿A qué distancia se encuentra una tormenta si entre el relámpago y el trueno transcurren 3 segundos? Supone que la luz se propaga de manera instantánea.”</i></p> | Medi material | Velocitat del so (m/s) | Aire | 300 | Coure | 3.800 | Ferro | 5.000 | Aigua | 1.500 |
| Medi material | Velocitat del so (m/s) | | | | | | | | | | |
| Aire | 300 | | | | | | | | | | |
| Coure | 3.800 | | | | | | | | | | |
| Ferro | 5.000 | | | | | | | | | | |
| Aigua | 1.500 | | | | | | | | | | |
| Actividad práctica | <p><i>“Ondas en un muelle”</i></p> <p><i>“Ondas en el agua”</i></p> | | | | | | | | | | |

Las imágenes utilizadas en este caso, de tipo dinámicas, muestran la vibración de un objeto que, en el segundo caso, se propagan por el aire para lo cual aparece un frente de ondas. También se incorpora una tabla de valores de la velocidad del sonido en diferentes medios como un tipo de imagen sintáctica que entrega información adicional al lector.

Respecto a la propagación del sonido, se explica que éste necesita de un medio material para poder propagarse, lo cual permite responder después a las dos preguntas planteadas.

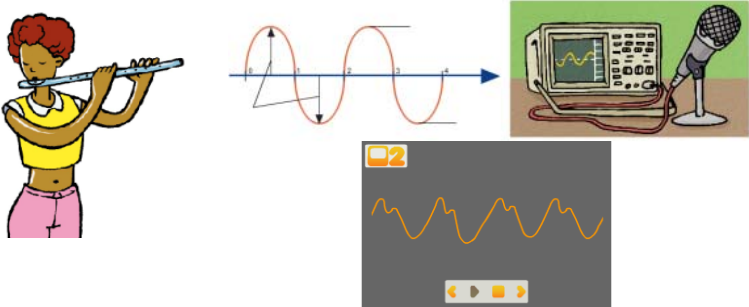
Más adelante, en el capítulo, se introduce la relación matemática entre velocidad del sonido, distancia recorrida y tiempo empleado, lo que cual permite responder a preguntas de tipo cuantitativo, haciendo uso de la tabla de valores que se muestra. Se proponen preguntas como: *“¿A qué distancia se encuentra una tormenta si entre el relámpago y el trueno transcurren 3 segundos? Supone que la luz se propaga de manera instantánea.”*

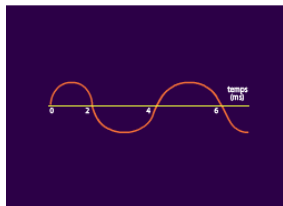
Las actividades prácticas propuestas apuntan hacia la observación de ondas generadas por el mismo lector, y que pueden ser interpretadas desde un punto de vista mecánico a través de las características del medio por el que se propaga la onda (muelle y agua).

R2: Todo movimiento vibratorio, y por ende el sonido, tiene características

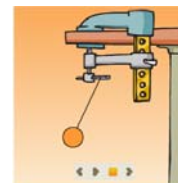
El libro establece una clara relación entre las características de las ondas y las cualidades del sonido, partiendo de las ideas teóricas y conectando con el mundo real a través de los ejemplos que incorpora, entre los cuales destaca la música mayormente.

| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|--|---|
| Texto | <p><i>“Todo movimiento vibratorio se caracteriza por la amplitud y la frecuencia”</i></p> <p><i>“La intensidad de un sonido es la fuerza que tiene y va determinada por la amplitud de la vibración que lo produce”</i></p> <p><i>“El tono está determinado por la frecuencia de la vibración que produce el sonido”</i></p> <p><i>“Cuando se capta mediante un osciloscopio, la misma nota emitida por diferentes instrumentos, se obtienen gráficas diferentes”</i></p> |

| | |
|----------------------------------|--|
| <p>Imágenes</p> |  |
| <p>Preguntas</p> | <p>Se proponen seis preguntas de tipo “selección múltiple” respecto a las cualidades del sonido, como por ejemplo: “¿Cómo se consigue variar el tono de una cuerda de guitarra?”</p> <p>“Determina la frecuencia de la onda que se muestra en la figura:”</p> <p>“Haz el montaje de la figura siguiendo las instrucciones que te damos a continuación y escribe un informe con los resultados que obtengas”</p> <p>“Toca diferentes instrumentos al costado de un micrófono conectado a un osciloscopio... Mira la forma de las diferentes gráficas trazadas por el osciloscopio. Haz un resumen de tus observaciones”</p> |
| <p>Actividad práctica</p> | <p>“Relación entre la amplitud y la intensidad”</p> |



- 25 Hz
- 250 Hz
- 2.500 Hz

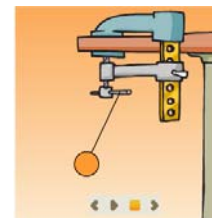


La relación entre intensidad y amplitud o tono y frecuencia no es explicada en profundidad. Es algo que el libro establece como un hecho a partir de que el sonido es un tipo de onda y por lo tanto se corresponden las características de ambos.

Tanto las imágenes como las explicaciones aluden a una forma gráfica de representar dichas características y cualidades, sin embargo las preguntas y actividades hacen pensar más bien desde un punto de vista mecánico asociado al movimiento de algún objeto.

Es interesante que, a modo de pregunta, se planteen al alumno actividades de carácter más experimental (investigaciones cualitativas de alto nivel cognitivo) como las siguientes:

Diseñar un método para determinar la frecuencia de oscilación de un péndulo, teniendo como referencia la imagen dinámica que acompaña el texto. En este caso, la actividad se corresponde con una forma mecánica de ver los fenómenos, para poder visualizar las vibraciones e interpretar la formación o propagación del sonido.



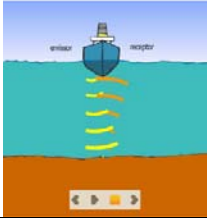
Diferente a esto, es el caso de la actividad propuesta que consiste en grabar sonidos en un osciloscopio y establecer comparaciones. En este caso, las observaciones e interpretaciones se hacen claramente desde un punto de vista gráfico, dando importancia a las representaciones visuales obtenidas.

Posteriormente, bajo el título de “Observación”, se propone realizar una actividad para determinar cualitativamente la relación entre la amplitud y la intensidad de un sonido, pero en este caso desde el punto de vista mecánico que compete a la observación directa de las vibraciones de un objeto: “Pulsa una cuerda de guitarra y observa su comportamiento”, “Coloca unos cuantos granos de arroz sobre la superficie de un tambor y golpéalo suavemente...”

Pr1: El sonido se puede reflejar. El eco es un fenómeno que ocurre por consecuencia de la reflexión del sonido (E1)

La explicación de porqué se produce el eco surge del ejemplo de gritar frente a una pared. De este modo, el eco es un ejemplo de una propiedad de los sonidos que es la reflexión.

| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|---|--|
| Texto | <p><i>“Si damos un grito a una cierta distancia de la pared, la onda sonora rebota en la pared y la podremos sentir al poco tiempo después. Este fenómeno se denomina eco y es originado por la reflexión del sonido”</i></p> <p><i>“La reflexión del sonido tiene diferentes usos. Uno es la sonda acústica o sonar, que sirve para medir profundidades marinas...”</i></p> |

| | |
|---------------------------|---|
| | <p><i>“La distancia recorrida por el sonido es:</i></p> <p><i>Distancia recorrida por el sonido = velocidad del sonido X tiempo empleado”</i></p> |
| Imágenes |  |
| Preguntas | <p><i>Busca información sobre cómo se orientan los murciélagos cuando vuelan.</i></p> <p><i>¿Para qué sirve el sonar?, ¿En qué se fundamenta?</i></p> |
| Actividad práctica | <p><i>No se propone actividad práctica</i></p> |

En este caso, el libro habla de la reflexión del sonido desde el punto de vista ondulatorio, porque hay una vibración que se propaga y rebota tal como la imagen dinámica muestra haciendo uso de una representación con frentes de ondas.

Las preguntas que plantea son de tipo cualitativas pero también se incorpora una relación matemática (aunque sea de forma literal) para poder conocer la relación entre la distancia recorrida por un sonido en un cierto tiempo dependiendo de su velocidad en el medio por el cual se propaga. A partir de esta relación se puede establecer la profundidad a la que está el fondo del mar para el caso de la imagen que se utiliza de ejemplo. Pero el cálculo lo hace y exhibe el libro, sin posibilidad de que el alumno trabaje con ella.

Libro Digital 3:

El libro digital queda a un nivel bastante conceptual estableciendo una conexión teórico-factual sólo al hablar de luz y sonido en término de la energía.

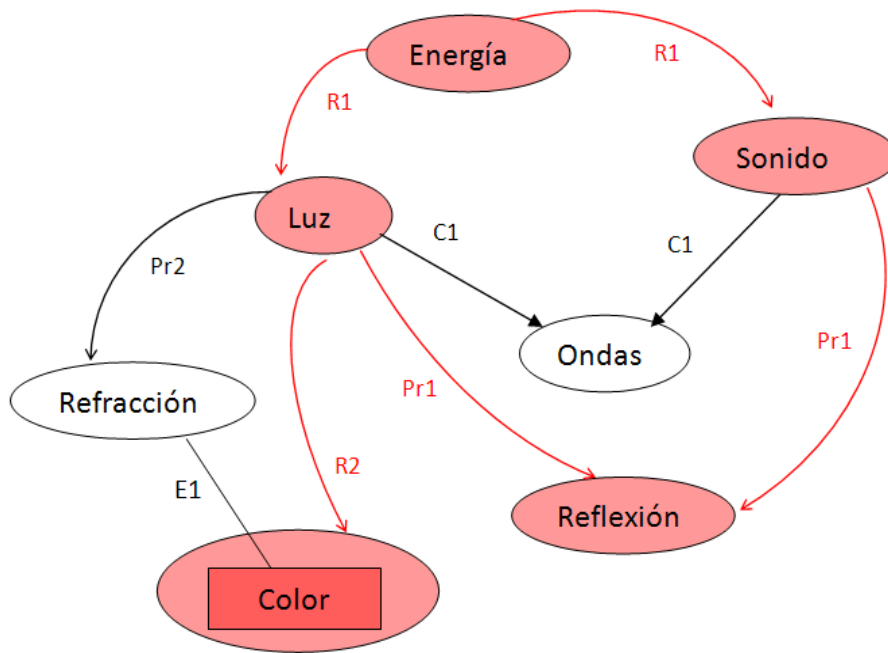



Ilustración 25. Red teórico-factual libro digital 3

R1: Luz y Sonido como métodos de transmisión de energía

El libro comienza el capítulo presentando los conceptos luz y sonido como una forma de transmisión de energía, ya que, como se indicó con anterioridad, este capítulo está inmerso dentro de otro más grande donde se tratan los procesos de transmisión de energía.

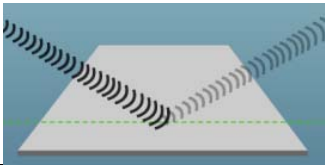
| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|---|--|
| Texto | <p><i>“Dos de nuestros sentidos más importantes son la vista y el oído. Estos sentidos son capaces de captar, respectivamente, la luz y el sonido, dos de las maneras más habituales de transmitir energía”</i></p> <p><i>“Cuando encendemos una bombilla en una habitación oscura, vemos todo lo que hay porque la energía transmitida por la bombilla en forma de radiación llega hasta nuestros ojos...”</i></p> <p><i>“Cuando escuchamos a alguien que habla, lo podemos hacer porque su voz hace vibrar el aire y nuestro oído es capaz de captar esta vibración”</i></p> |

| | |
|---------------------------|--|
| Imágenes |  |
| Preguntas | No plantea preguntas |
| Actividad práctica | No propone actividades prácticas |

Para este caso la conexión que el libro establece con el mundo real, lo hace a través de los sentidos, indicando que lo que vemos u oímos son manifestaciones de un proceso de transmisión de energía, lo que se corresponde con una interpretación de tipo ondulatoria que nos hace pensar en una forma de ver las ondas como tal. A partir de esto se introducen las ideas sobre cómo es la propagación de la luz y el sonido, y sus diferencias.

Pr1: La luz y el sonido se pueden reflejar

En este caso, se puede considerar la reflexión aparece como una propiedad del sonido y de la luz dado que es un fenómeno atribuible a las ondas y por lo tanto, si la luz y el sonido se propagan mediante ellas, entonces se pueden reflejar.

| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|--|---|
| Texto | <i>“La reflexión consiste en un cambio en la dirección del sonido o de la luz”</i> |
| Imágenes |     |
| Preguntas | <i>“¿Por qué nos vemos en los espejos?”</i> <i>“¿Por qué a veces oímos nuestra voz rebotada en una pared (eco)?”</i> |

| | |
|---------------------------|----------------------|
| Actividad práctica | La cuchara inversora |
|---------------------------|----------------------|

Claramente existe una conexión entre teoría y mundo al buscar aplicaciones para el fenómeno a través de los ejemplos y las preguntas, en este caso. Preguntar sobre nuestra imagen en un espejo, el eco en las montañas (algo que es reproducible o al menos conocido por todos) y por otra parte proponer a los lectores ver sus reflejos en una cuchara, son hechos del mundo tomados como ejemplos para dar sentido a las explicaciones.


Podemos decir también que al dar a la luz y el sonido la propiedad de reflejarse, el libro se salta explicaciones del fenómeno en sí quedando a un nivel bastante superficial.

Por otra parte, aunque las imágenes muestren algo similar a un diagrama de rayos, las representaciones aquí no son precisamente geométricas como hasta ahora se ha venido observando en los anteriores libros. Más bien, estas explicaciones, superficiales, se corresponden con interpretar la reflexión en términos de la propagación de la onda, que es lo único que se puede deducir dada la falta de explicaciones.

R2: Los colores se forman cuando la luz solar se descompone. Esto ocurre por la refracción de la luz (E1)

El hecho de que la luz solar se puede descomponer en sus colores constituyentes parece irrefutable. Esto ocurre porque la luz se puede refractar debido al carácter ondulatorio de su propagación, y esta la única forma aparente de interpretar el fenómeno.

| ELEMENTOS SEMIÓTICOS QUE DETERMINAN LA RELACIÓN TEÓRICO-FACTUAL | |
|--|---|
| Texto | <p><i>“La luz solar es una mezcla de siete colores... Podemos observar estos colores pasando una luz blanca por algún material transparente como, por ejemplo, una gota de agua o un prisma.”</i></p> <p><i>“Aunque en el aire todos los colores viajen a la misma velocidad, al entrar en el prisma, cada color tiene una velocidad diferente, y</i></p> |

| | |
|---------------------------|---|
| | <i>por lo tanto, un cambio de dirección diferente. Por eso cuando salen del prisma cada color se separa del resto”</i> |
| Imágenes |  |
| Preguntas | <i>“Intentar explicar porqué se ven diferentes colores, teniendo en cuenta las prácticas sobre la refracción y la descomposición de la luz”</i> |
| Actividad práctica | No se proponen actividades prácticas |

La imagen que acompaña al texto en este caso muestra luz proveniente de un prisma que se refleja en un espejo. La consideramos decorativa porque no aporta información desde el punto de vista de las representaciones o las explicaciones posibles. De hecho, las explicaciones son bastante superficiales y se esperaría que la imagen pudiese aportar información adicional.

La pregunta que se plantea en este punto es la que, en definitiva, permite establecer una conexión teórico-factual, aunque la respuesta a ella no podrá ser extraída o deducida de las explicaciones del libro, no si se quiere dar una explicación consistente, por lo que se hace necesaria una búsqueda de información en otras fuentes bibliográficas.

4.2.3.2 Resumen de ideas en torno a las Redes teórico-factuales

Una red conceptual permite establecer relaciones entre los conceptos que un libro utiliza para estructurar la historia que nos quiere contar, en este caso, sobre las ondas.

Pero cuando ampliamos la mirada hacia los elementos semióticos que el libro incorpora, encontramos que dicha red no es plenamente conceptual, desde el punto de vista teórico, ya que el libro utiliza dichas relaciones como puentes entre conceptos y fenómenos.

En consecuencia con esto, hemos visto que para cada relación el libro utiliza frases, imágenes, preguntas y actividades que ayudan a interpretar los fenómenos desde un punto de vista conceptual.

Podemos resumir que, en general, los libros recurren a cinco modelos, o maneras de interpretar la realidad, para dar las explicaciones en torno al contenido. Estos modelos son:

1. Geométrico.

El modelo geométrico se corresponde con una manera de interpretar las situaciones recurriendo a la ayuda de representaciones geométricas que suelen ser rectas y flechas (rayos). Con estas representaciones se elaboran diagramas explicativos donde lo importante es señalar la trayectoria seguida por las ondas según sea el caso.

2. Ondulatorio.

En este caso, y aunque podamos decir que todos los modelos son en el fondo ondulatorios, nos referiremos con este nombre a las interpretaciones que se basan en considerar las ondas como métodos de propagación de energía o simplemente cuando las explicaciones se fundamenten en este proceso de transmisión de “algo” que puede estar definido en términos de energía o bien no tan definido. Considero que llamarle *modelo energético* podría ser una buena manera para referirnos a la idea central de concebir las ondas como métodos de transmisión de energía, pero hemos visto ocasiones en que esta idea no es del todo explícita y por lo tanto sería un riesgo aventurarnos a hablar en términos ‘energéticos’ cuando el libro en realidad sólo habla en términos de una propagación, ya sea de ondas, de luz, de sonido o en general.

3. Mecánico.

Cuando el libro elabora las explicaciones recurriendo a analogías de objetos en movimiento, hablaremos de que utiliza un modelo mecánico para interpretar las situaciones. En estos casos el libro hace un símil de algo abstracto como es la onda con algo concreto como es el movimiento de una cuerda, de un muelle o de pelotas.

4. Gráfico.

Al hablar de modelo gráfico, nos referiremos a aquellas situaciones que se interpretan a través de gráficas que muestran curvas sinusoidales para ayudar a representar lo que se indica. Estas curvas pueden no ser siempre sinusoides perfectas, pero consideraremos todos los casos donde se simulen también.

5. Matemático.

Finalmente, incluimos como interpretación los modelos matemáticos que corresponden a las relaciones numéricas, expresadas a través de ecuaciones literales, establecidas entre variables o conceptos para explicar ciertas situaciones y sobre todo, para poder trabajar sobre ellos a través de preguntas y ejercicios.

En adelante nos referiremos a ellos como modelos interpretativos de la realidad (MIR), entendiendo que son “las formas de mirar e intervenir” que el libro utiliza para acercar los contenidos teóricos al mundo, o los fenómenos del mundo a la teoría.

La ilustración siguiente resume y ejemplifica dichos modelos.

ONDA vista como...

| <u>Representación</u> | <u>MIR</u> |
|---------------------------------------|---------------|
| ... Rayo | → Geométrico |
| ... Frente de Onda | → Ondulatorio |
| ... Movimiento de pelotas y/o muelles | → Mecánico |
| ... Curva sinusoidal | → Gráfico |
| ... Relación matemática (Ecuación) | → Matemático |

| <u>Ejemplos</u> | |
|--------------------------|------------------------|
| Reflexión | Refracción |
| Interferencia | Propagación del sonido |
| Ondas Longitudinales | Propagación del sonido |
| Tono | Amplitud |
| Velocidad de propagación | Refracción |

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_i}{v_r}$$

Ilustración 26. MIR, diversas formas de interpretar el mundo a través de las ondas

Cada uno de estos modelos se utiliza para interpretar diferentes aspectos del contenido que son identificados a partir de las frases, imágenes, preguntas y actividades prácticas que incorpora. En la tabla aparecen algunos ejemplos de las representaciones utilizadas por el libro, a partir de lo identificado hasta ahora en las redes teórico-factuales, pero un análisis en profundidad a cada libro, desde la perspectiva de los MIR nos permitirá identificar en qué casos los libros utilizan dichos modelos para hablarnos de diversos aspectos de las ondas.

A partir de aquí, podemos discutir en detalle sobre cómo presenta cada libro el contenido de ondas, teniendo en cuenta ya no sólo sus características retóricas y semióticas, sino que también las formas que utiliza para acercar el mundo teórico y el real.

Sobre todo esto trata el siguiente capítulo.

Capítulo 5

INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se expone el tratamiento dado a los datos extraídos y ya correlacionados, para entender las relaciones existentes entre los conceptos teóricos, los elementos semióticos y las características propias de la narración, elementos retóricos, pudiendo llegar a obtener una visión global de lo que cada libro por sí mismo nos dice sobre el tema de estudio “Las Ondas”.

5.1 Modelos Interpretativos de la realidad

La correlación realizada entre los datos ha mostrado que los diversos elementos semióticos que el libro incorpora ayudan a construir una idea sobre el concepto o fenómeno que se quiere enseñar, relacionándose entonces dichos elementos con las relaciones conceptuales y factuales que el libro establece en el desarrollo del contenido.

Estas relaciones factuales son precisamente las que ayudan al libro a acercarse al mundo real, o bien, teorizar los hechos del mundo para poder dar una explicación científica sobre ellos.

Al respecto encontramos ideas en autores como Le Marèchal (1999) quien plantea las bases de una reconstrucción del mundo real vista desde la química, a través de cinco subdominios que permiten describir el paso de lo cotidiano a lo científico: evento, representación, objeto, regla y propiedad. Una aplicación de esto la encontramos en la tesis doctoral de Cristián Merino (2009) quien utiliza estas ideas y subdominios para reconstruir el mundo en torno al concepto “Cambio químico”.

En nuestro caso particular, se ha visto que los libros revisados realizan esta reconstrucción que menciona el autor, a través de lo que denominaremos *Modelos Interpretativos de la Realidad*.

Sobre esto encontramos en palabras de Giere (1999) una concepción de *modelo representacional que se ajusta a nuestro caso*, donde “*el lenguaje no conecta directamente con el mundo, sino mas bien con un modelo, cuyas características pueden ser definidas con precisión. La conexión con el mundo es entonces a través de similitudes entre un modelo y partes designadas del mundo*”

Consideraremos entonces, como un Modelo Interpretativo de la Realidad (MIR), a las construcciones que el libro hace y utiliza para acercar la teoría al mundo, o el mundo a la teoría. Tal como su nombre lo indica, es un modelo utilizado por los libros para dar una interpretación del mundo real y con ello, facilitar la comprensión de los aprendices (lectores) sobre el contenido que se pretende enseñar. Estos modelos tienen un carácter analógico importante, permitiendo a quien lee el libro que se pueda hacer una imagen mental más clara sobre lo que se le está explicando.

Estos MIR tienen validez dentro de ciertos contextos, siendo importante establecer claramente sus límites de acción. Otra característica de los aquí llamados MIR es que por su sencillez no son generalizables, o sea, se aplican a situaciones puntuales en condiciones puntuales siendo necesario otro MIR para otras situaciones.

A partir de aquí podemos considerar entonces que un MIR será aquel que establezca un puente, una conexión, entre teoría y mundo real, o entre conceptos y fenómenos.

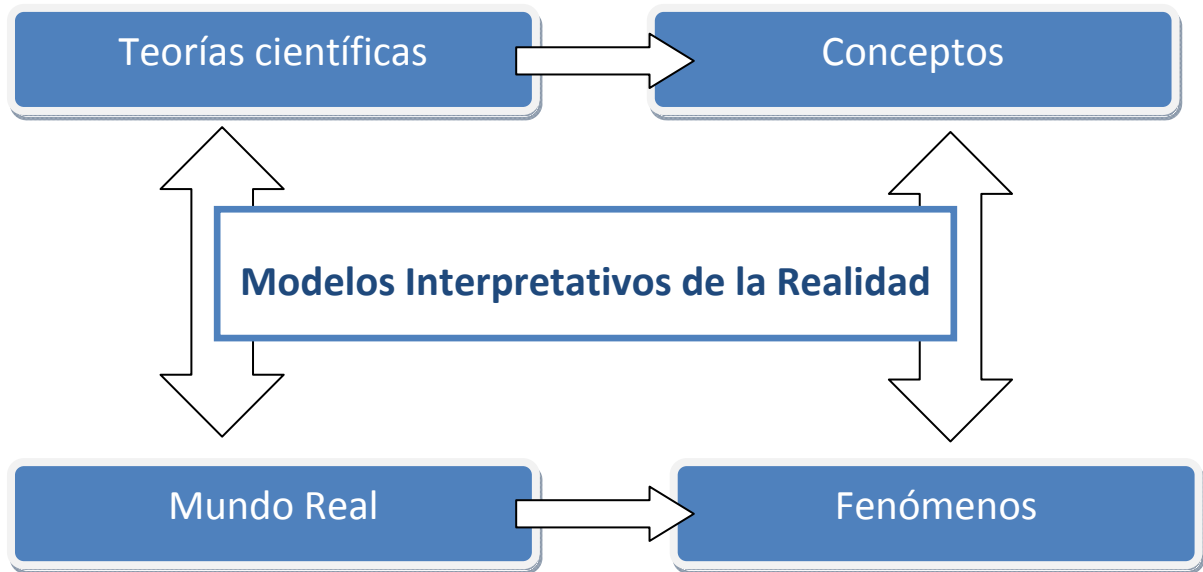


Ilustración 27. Modelo Interpretativo de la realidad como puente entre teoría y mundo

El doble sentido de las flechas verticales indica que en ciertos casos el modelo puede ayudar a interpretar el mundo desde la teoría, o bien, entender la teoría mirando el mundo. Por otra parte, el modelo puede ser considerado un puente entre los conceptos y los fenómenos, ya que cumplen el objetivo de dar interpretación a unos y otros en base a lo que algunos autores consideran analogías.

Tal es el caso de Oliva, Aragón y Bonat, (2001, y las referencias en él) quienes conciben los modelos como *“entidades análogas”* utilizados para representar el mundo; *“El análogo debe ser más accesible que el objeto, en el sentido de que debe hacer referencia a una situación más cotidiana y, por tanto, con la que los alumnos se encuentren más familiarizados.”*

Por otra parte, Jonassen, Strobel y Gottdenker (2005) mencionan en su artículo sobre la construcción de modelos, que son muchos y variados los tipos de modelos que se pueden utilizar para representar los fenómenos del mundo o los modelos mentales que los alumnos construyen para representarlos. De ahí que resulte importante conocer cuáles son los modelos que el libro utiliza para establecer

la conexión teórico-factual pertinente, y que puede constituir la base de lo que el alumno convertirá en un modelo mental para representar el mundo.

A partir de lo expuesto, y para profundizar más en las características de nuestros modelos interpretativos de la realidad y de cómo se utilizan en su rol conector entre mundo y teoría, adoptamos las ideas de Adúriz-Bravo (2005, 2008) según el cual, *la explicación científica se realiza en relación con un modelo que 'carga' de teoría las observaciones e intervenciones sobre el mundo*. En su libro sobre la naturaleza de la ciencia (Adúriz-Bravo, 2008), el autor presenta doce actividades didácticas diseñadas con el fin de enseñar contenidos de la naturaleza de la ciencia desde un punto de vista epistemológico que promueva la explicación científica, las analogías, y el hacer, pensar y actuar sobre el mundo.

En una de sus actividades, el autor (Adúriz-Bravo, 2008, y las referencias en él) retoma las ideas del realismo pragmático de Giere (1992) *entendido como una relación de semejanza o similaridad entre un modelo teórico y el sistema real que él pretende representar, que, al ser visto desde el modelo, queda 'cargado de teoría'*. *La construcción de un sistema abstracto e idealizado que funciona como objeto para la investigación científica se apoya en la selección de los hechos tenidos como relevantes desde el modelo teórico, su transformación y su estructuración mediante relaciones inferenciales.*

Esta es la idea clave que consideramos para la elaboración de un instrumento que, como construcción semiótica, nos permita conocer el proceso mediante el cual los libros incorporan los MIR para sus explicaciones.

Para nuestros fines consideraremos entonces que el MIR como puente entre teoría y mundo, implica un proceso basado en cuatro aspectos fundamentales:

1. Identificación de un hecho que puede ser real o académicamente construido, y que al ubicarlo en el contexto científico adquiere carácter de hecho científico. El hecho se convierte por lo tanto en una base para desarrollar teoría a partir de él y justificar otros hechos.

2. Aceptación del hecho científico dado como verdadero para poder desarrollar a partir de él la teoría que se quiere enseñar y predecir otras situaciones o hechos que serán tan verdaderos como el primero.
3. Traslado de la teoría al mundo real a partir de situaciones y fenómenos que pueden ser interpretados con el modelo propuesto, aceptando dicha teoría ya desarrollada. A partir de aquí se puede intervenir en el mundo con explicaciones teóricas de los hechos observables en el mundo real.
4. Trasladar la teoría al mundo real a partir de situaciones experimentales permitiendo una intervención de tipo práctico, donde el alumno pueda realmente “hacer ciencia”. Sin duda es ésta la parte más importante del constructo semiótico en torno al modelo, ya que es donde el alumno puede intervenir en el mundo aplicando las ideas teóricas ya aprendidas y trazar líneas hacia la teoría que aún desconoce.

Estas cuatro dimensiones se resumen en el siguiente diagrama, donde los cuadros superiores corresponden al carácter teórico del modelo y los inferiores al carácter factual del modelo, el que a su vez, cumple un rol central y conector en la construcción de las explicaciones:

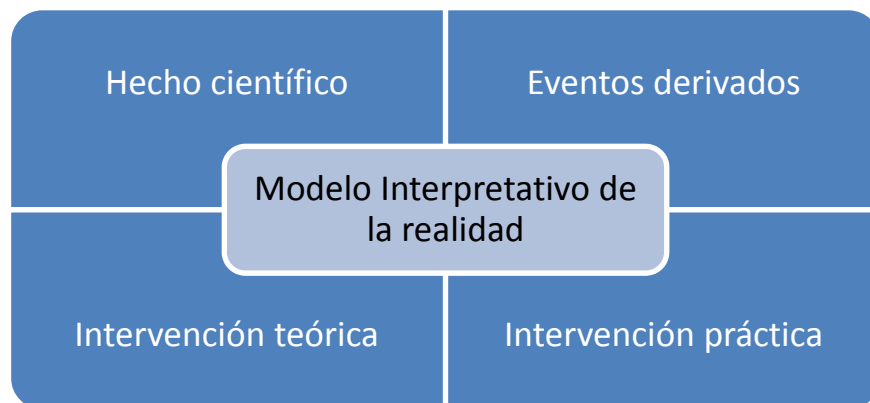


Ilustración 28. Diagrama de aplicación de los modelos interpretativos de la realidad

Este tipo de diagramas se corresponde con lo que Lemke (1997) considera una formación semiótica, desde el punto de vista de la semiótica social. En concordancia con el autor “Las formaciones semióticas son abstracciones elaboradas a partir de los

textos: son los patrones comunes compartidos por muchos textos similares. Describen como elaboramos significados al colocar las acciones y las palabras en algunos contextos y no en otros...”

La importancia de utilizar estas formaciones semióticas para analizar los libros, radica en su carácter integrador de las relaciones semánticas de los mismos, permitiéndonos identificar cómo se relacionan e integran los diversos signos y significados (elementos semióticos) a través de ciertas estructuras retóricas constituyendo entonces patrones temáticos que una vez identificados facilitan la lectura y comprensión del texto.

Lemke (1997) considera que estos patrones temáticos son propios de la forma que utiliza el lenguaje de la ciencia para organizar y presentar los contenidos y sus significados. En nuestro caso, lo dicho se ve plasmado en un libro de texto donde el lenguaje “escrito” de la ciencia podría entonces tener también su propio patrón para presentar los contenidos.

En el siguiente apartado se expone el análisis hecho a los libros construyendo estas formación semiótica para conocer en detalle el uso que cada uno hace de los modelos interpretativos y cuales utiliza, pudiendo entonces identificar o no la existencia de patrones temáticos definidos en los libros.

5.2 Análisis por libro

El análisis que a continuación se desarrolla tiene por objetivo aportar una visión global de cómo se presenta el contenido de ondas en cada uno de los libros revisados a través de la identificación de diversas formaciones semióticas que tienen como núcleo central los cinco modelos interpretativos de la realidad identificados en el capítulo anterior, y que cada libro utiliza para enseñar el contenido en la forma que considera necesario. Todo esto es posible sobre la base de que:

1. Conocemos qué tipo de elementos semióticos incorpora cada uno de los libros, y sus características
2. Conocemos los aspectos retóricos que caracterizan a los libros

3. Conocemos las relaciones establecidas entre los conceptos que estructuran el contenido
4. Identificamos las relaciones teórico-factuales en cada caso, que pretenden establecer una conexión entre la teoría científica y el mundo real
5. Identificamos los modelos interpretativos de la realidad que cada libro va utilizando en las diferentes relaciones conceptuales y teórico-factuales establecidas.

En otras palabras, se realiza una interrelación o entrecruce de toda la información extraída de los libros hasta ahora y su correspondiente correlación, para reconstruir la historia que en cada libro se cuenta sobre las ondas, pero partiendo de la base de que ya conocemos las características propias de sus estrategias retóricas, semióticas y conceptuales.

En consecuencia con lo anterior, podemos ver para cada libro analizado, una red conceptual que incluye las relaciones teórico-factuales, combinada con imágenes representativas de los elementos semióticos utilizados en cada relación por parte del libro, para luego poder revisar cada una de ellas y conocer qué se dice y que no se dice de las ondas en cada libro, en consecuencia con los objetivos planteados.

De este modo, se incorporan en este análisis las diversas construcciones semióticas identificadas (diagramas de aplicación de los MIR) que permiten comprender en detalle como son las conexiones que el libro hace entre mundo y teoría en los diversos casos. Estas construcciones surgen de las observaciones realizadas en conjunto a los aspectos retóricos, semióticos y de contenido en cada libro, los que son expuestos para justificar dichas construcciones.

Posteriormente, se resumen en una tabla al final del análisis de cada libro, los diversos MIR utilizados para hablar de los fenómenos y conceptos o para establecer las conexiones teórico-factuales que considera necesaria, distinguiendo los diversos modelos con las siguientes abreviaciones:

Gra, es modelo gráfico

Mec, es modelo mecánico

Geo, es modelo geométrico

Ond, es modelo ondulatorio y

Mat, es modelo matemático

5.2.1 Libro Tradicional 1

En este primer caso, la estructura conceptual es muy sencilla: Las ondas tienen características y propiedades, y existen diferentes tipos.

El libro conecta constantemente con el mundo real a través del uso de ejemplos con situaciones más bien conocidas por el lector y que son explicados e interpretados en función de las características atribuidas a las ondas, y utilizando variedad de modelos interpretativos, tal como a continuación examinaremos.

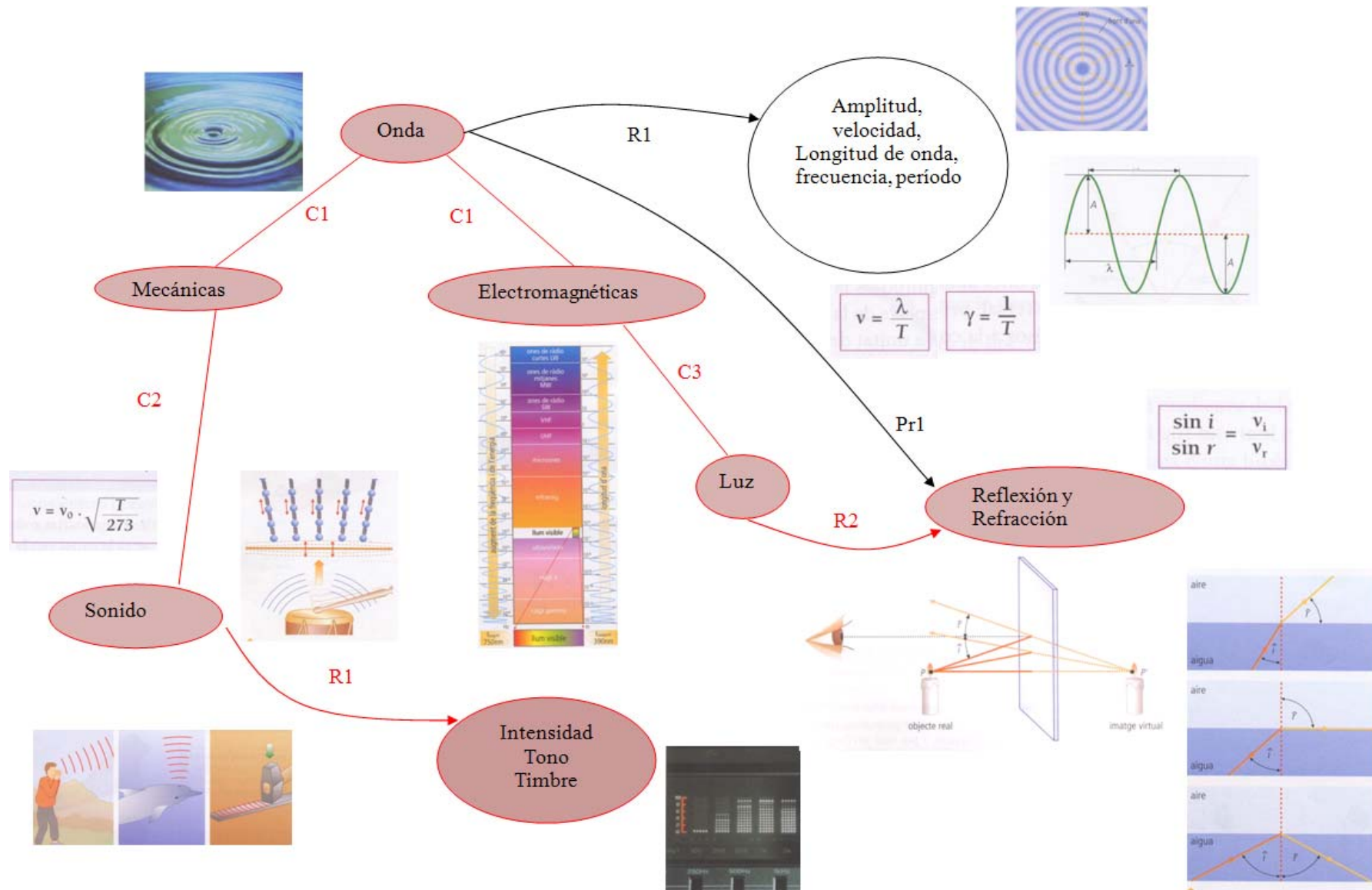
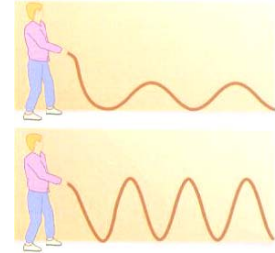


Ilustración 29. Red teórico factual con elementos semióticos del LT1

R1: Las ondas tienen características. El sonido por ser una clase de onda (C1 y C2) tiene cualidades que le caracterizan

“Es evidente que no todas las ondas son iguales... Las magnitudes que caracterizan las ondas son: amplitud, velocidad de propagación, longitud de onda, periodo y frecuencia”

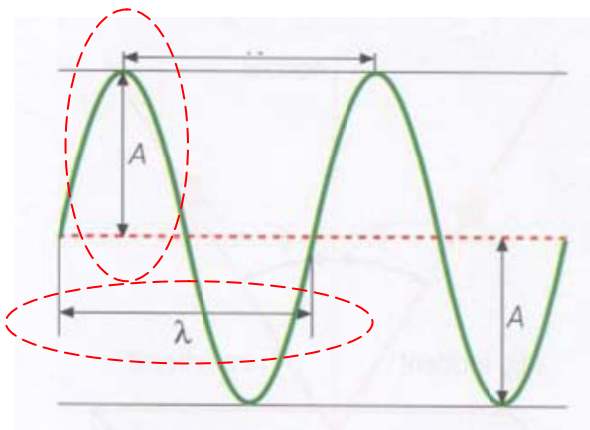
Para introducir estos conceptos, el libro se ayuda de la analogía con el juego de crear ondas en una cuerda, lo cual constituye un ejemplo que puede ser cercano al lector porque probablemente lo ha hecho, o al menos es algo fácil de imaginar.



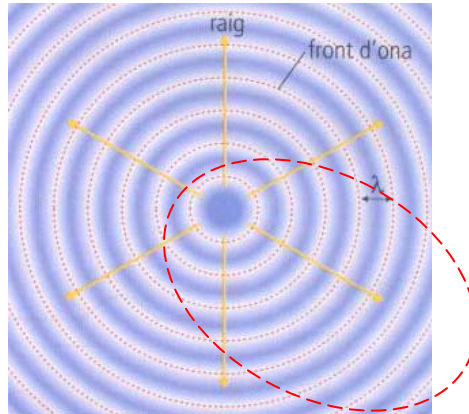
Cuando el libro habla de la amplitud y la longitud de onda se ayuda de una representación gráfica para visualizarlas.

“La amplitud es la distancia máxima que se separa cada una de las partículas respecto de su posición de equilibrio”

En el caso de la longitud de onda el libro expresa: *“la longitud de onda es la distancia en la cual una onda vuelve a repetirse”*. Y el concepto “Período” queda definido como *“el tiempo que tarda un frente de onda en recorrer una longitud de onda”*



Pero ¿qué es un frente de ondas?: *“Denominamos frente de ondas a la superficie o línea formada por los puntos que han sido perturbados en mismo instante por la energía propagada”* Esta explicación es confirmada con la siguiente imagen, donde se muestra un rayo, un frente de onda y se indica donde hay una longitud de onda.



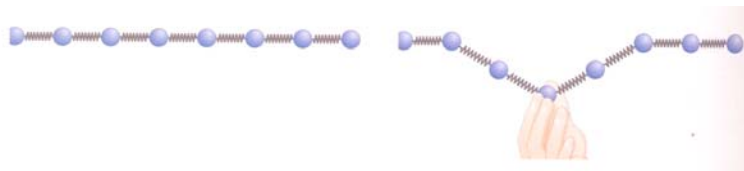
La diferencia o similitud entre ambas representaciones no es comentada así como tampoco se hace comentario alguno sobre las imágenes por separado, simplemente el libro las utiliza de manera arbitraria, una a continuación de la otra.

En ningún momento se ha hecho referencia a que estas sean formas de representar las ondas o sus características, pero que, en el fondo, se continúa hablando de lo mismo.

Prosiguiendo la revisión, en el caso de la velocidad de propagación el libro dice:

“Un modelo que se usa en física para la materia es el de las partículas unidas por muelles. Hacemos vibrar una de las partículas y decimos que la energía que permite esta vibración se propaga a las otras partículas [...] La distancia que avanza la onda por unidad de tiempo es su velocidad de propagación”

El modelo al que el texto hace referencia es ilustrado con las siguientes imágenes:



En este caso, y cuando introduce las ideas sobre el movimiento ondulatorio, el libro deja claro que este es un modelo utilizado en física para comprender ciertos fenómenos (*“Para entender este fenómeno haremos una aproximación que desde el*

puno de vista físico es muy correcto...”). De este modo, solo una de las 3 representaciones utilizadas es realmente reconocida como tal.

En estos casos no podemos decir que haya una conexión clara de la teoría con el mundo ya que las explicaciones y sus representaciones son básicamente simbólicas, lo que coincide con un tipo de hecho mas académico tal como habíamos identificado en las características de su factualidad, sin embargo no se puede dejar de mencionar la diversidad de representaciones utilizadas solo en una relación conceptual aunque sea para elaborar las explicaciones.

En el caso de las preguntas que se plantean en torno a las características de las ondas, son mayormente de tipo cuantitativas, o sea que buscan aplicar relaciones matemáticas entre período y frecuencia, o calcular velocidades de propagación a partir de las relaciones que el libro expone de manera arbitraria, o sea, no son deducidas de la experiencia.

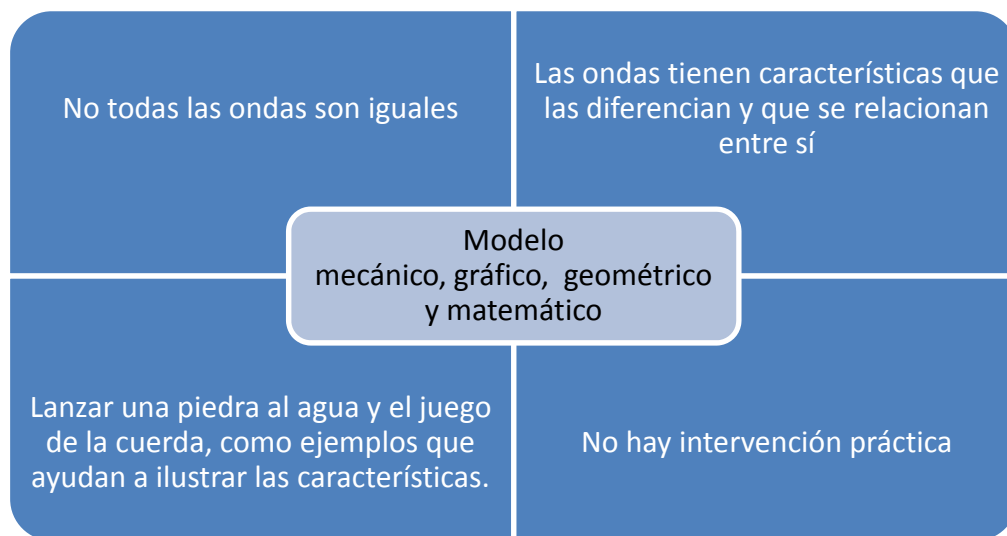
$$f = \frac{1}{T} \qquad v = \lambda \cdot f$$

Veamos ejemplos de preguntas:

“¿Cuál es la frecuencia de una onda si sabemos que el período es de 2s?”

“¿Cuál es la velocidad de una onda de 2m de longitud de onda y 3s de período?”

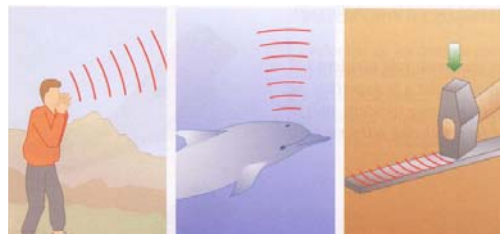
Con estas preguntas, aparece en escena un cuarto tipo de representación que es el matemático, a la hora de hablar de las características de las ondas. Todo esto es posible orgnizarlo en la siguiente formación semiótica:



En el caso de las relaciones **C1** y **C2** mediante las cuales el sonido es considerado un tipo de onda mecánica, el libro indica que:

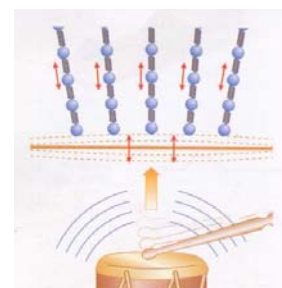
“La experiencia demuestra que necesita un medio material para propagarse. Sabemos que se puede propagar en los medios gaseosos, líquidos y sólidos, pero no en el vacío. Por lo tanto, es una onda mecánica”

Esta idea queda representada en 3 imágenes donde aparecen frentes de onda que se propagan por diferentes medios.



“Como cualquier onda, el sonido se emite gracias a la vibración inicial de un foco emisor. Esta vibración se transmite a las moléculas del aire que a su alrededor comienzan a vibrar chocando unas con otras...”

La explicación sugiere una interpretación mecánica para comprender como es que se propaga el sonido, tal como la imagen del sonido emitido por un tambor muestra. En esta imagen se utilizan 2 tipos de representaciones, una de tipo ondulatorio donde la onda es representada por un frente de onda, y otra mecánica donde la onda se representa como la



propagación de las vibraciones producidas entre pelotas unidas por muelles.

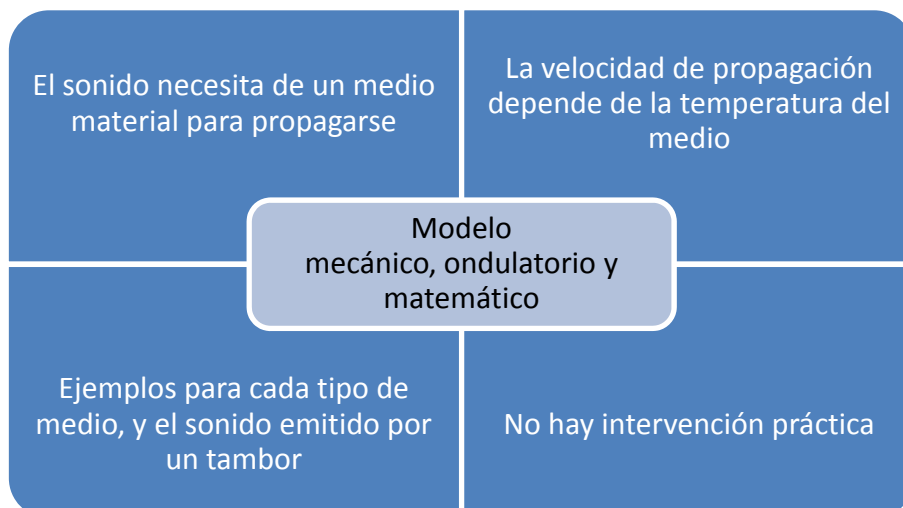
En este punto el libro indica que “la velocidad del sonido aumenta en el aire con la temperatura” aunque no se dan explicaciones de por qué esto ocurre, quedando en manos del profesor la tarea de profundizar en ello o bien, es aquí, por ejemplo, donde el libro podría sugerir algunas fuentes de consulta adicionales para complementar las explicaciones. Se expone, a continuación, una relación matemática mediante la cual la velocidad del sonido puede ser calculada a partir de su velocidad inicial y la temperatura del aire.

$$v = v_0 \sqrt{\frac{T}{273}}$$

Para aplicar esta relación, se plantean preguntas cuantitativas como esta:

“Encuentra la velocidad del sonido en el aire a una temperatura de 30 °C ”

Es entonces a través de los ejemplos utilizados, mayormente, que el libro realiza un intento por conectar las explicaciones y lo que el alumno realmente percibe. De este modo, surge una nueva formación semiótica en este punto que es:



De este modo, hace referencia también al proceso de audición señalando que las vibraciones que llegan al oído son captadas por el tímpano y convertidas en impulsos nerviosos que viajan hasta el sistema nervioso central. De este modo la formación semiótica correspondiente es la siguiente:

Es aquí donde encontramos una conexión real sobre la propagación de las ondas, ya que al hablar de las cualidades del sonido se hace en referencia a lo que los humanos percibimos a través de nuestros oídos, o sea, al proceso de audición, y cómo la energía que la onda transporta es percibida y convertida en impulsos nerviosos, o cómo esta energía puede provocar dolor en el caso de sonidos muy intensos, por ejemplo. Por esto diremos que en este caso la onda vista como un proceso de transmisión de energía es la que permite establecer la conexión.

En los fragmentos siguientes, extraídos de la página del libro donde se trata el tema de las cualidades del sonido, podemos ver algunas ideas sobre esta conexión.

“Cuando subimos el volumen de un aparato reproductor de discos compactos, lo que hacemos es aumentar la intensidad del sonido. La intensidad depende de la energía que transporta y es proporcional a la amplitud [...] Los seres humanos podemos percibir el sonido, hasta una intensidad mínima denominada umbral de audición. La variedad de intensidades a la que el oído es sensible es muy amplio...”

7 Características del so
 Les característiques principals del so són intensitat, to i timbre.

Intensitat
 Quan pugem el volum d'un aparell reproductor de discs compactes, el que fem és augmentar la intensitat del so. La intensitat depèn de l'energia que transporta l'ona i és proporcional a la amplitud; per tant, com més amplitud presenti l'ona sonora més gran serà la seva intensitat.

La intensitat en unitats del Sistema Internacional es mesura en W/m^2 . Per tal que els éssers humans puguem percebre el so, cal que arribi a una intensitat mínima anomenada líndar d'audició. El ventall d'intensitats a què l'orella és sensible és molt ampli i, a més, la sensació psicològica de sonoritat no és directament proporcional a la intensitat del so. Per aquests motius s'adopta un tipus d'escala en la qual es pren com a valor de referència el valor líndar d'audició $I_0 = 10^{-12} W/m^2$. En aquesta escala, el líndar d'audició val 0 decibels (dB) i el líndar de dolor, 120 dB.

| Activitat | Decibel |
|--------------------------------|---------|
| Líndar de l'audició | 0 |
| Rumor de les fulles del bosc | 20 |
| Classe en silenci | 35 |
| Conversa en veu baixa | 40 |
| Conversa ordinària | 60 |
| Carre amb trànsit | 70 |
| Pis d'un tram a 30 m | 90 |
| Discoteca | 115 |
| Líndar de dolor | 120 |
| Proximitat al vol d'un reactor | 130 |
| Espectacle sònic | 150 |

To i timbre
 Els sons poden ser més aguts o més baixos, que és el mateix que dir més aguts o més greus. Aquesta característica dels sons és el to. El to depèn de la freqüència de l'ona sonora. Les altes freqüències es corresponen amb els sons aguts i les baixes, amb els greus.

De ben segur que l'hauràs fixat en els equalitzadors dels equips musicals. Aquests aparells tenen una sèrie de comandaments que permeten intensificar uns tons respecte d'uns altres. Si el que volem potenciar són els sons baixos haurem de donar preferència a les freqüències baixes; per contra, si el que volem és potenciar els sons aguts, haurem d'augmentar les freqüències altes.

No totes les freqüències són audibles per a l'orella humana, només podem sentir els sons que es troben en l'interval entre els 20 i els 20.000 Hz.

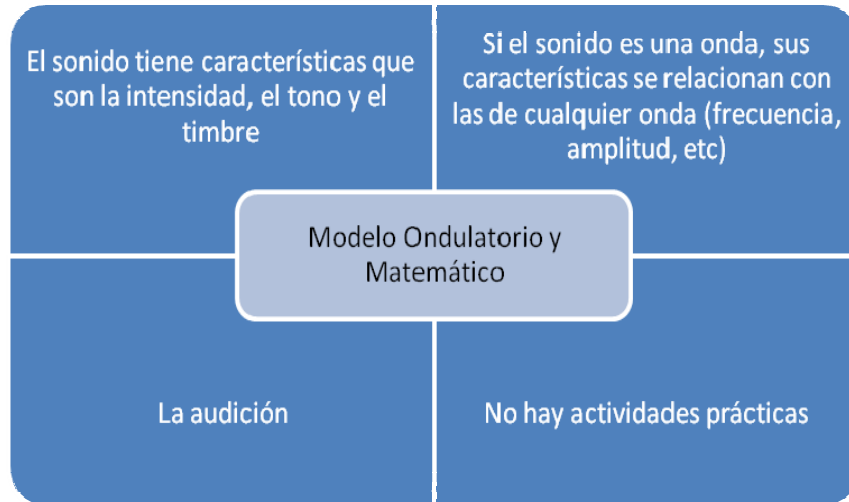
El to permet diferenciar una nota de l'escala musical d'una altra, però és ben cert que no sona igual una nota tocada amb un violoncel que la mateixa nota tocada amb un violí o amb una trompeta. La característica que ens permet diferenciar un instrument musical d'un altre és el timbre.



“El tono depende de la frecuencia de la onda sonora. Las altas frecuencias se corresponden con sonidos agudos y las bajas con los graves [...] No todas las frecuencias son audibles para el oído humano, podemos sentir los sonidos que se encuentran entre los 20 y los 20.000 Hz”

“La característica que nos permite diferenciar un instrumento musical de otro es el timbre”

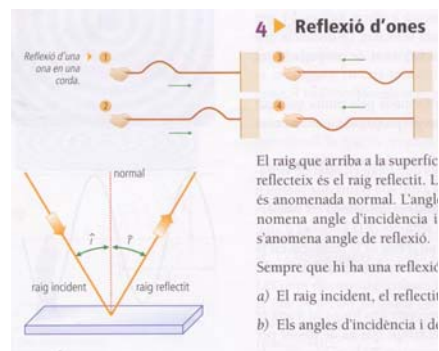
En consecuencia, la formación semiótica identificada en este caso es la siguiente:



Pr1: Las ondas se reflejan y se refractan cuando se encuentran con otro medio de propagación en su camino.

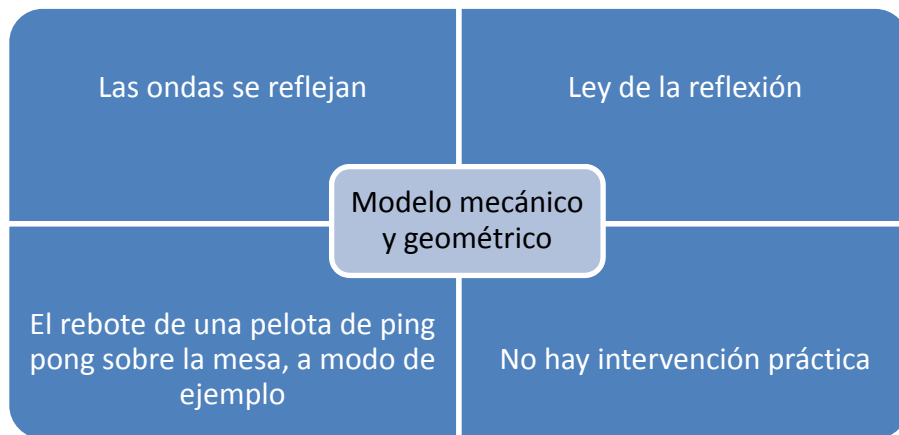
“Cuando una onda rebota sobre una superficie, vuelve atrás y cambia de dirección, decimos que la onda ha experimentado una reflexión. Este efecto es parecido, por ejemplo, al rebote que una pelota de ping-pong hace sobre una mesa. El rayo que llega a la superficie de reflexión se llama rayo incidente y el que se refleja es el rayo reflejado”

Para explicar un mismo fenómeno utiliza dos modelos interpretativos diferentes. Menciona a modo de ejemplo una analogía mecánica con las pelotas de ping-pong y acaba hablando de rayos indistintamente.



Las imágenes confirman ambas representaciones con la salvedad de que el modelo mecánico esta vez muestra ondas que se propagan por una cuerda en vez de pelotas que rebotan sobre una mesa.

En este caso la formación semiótica queda así:



En el caso de la “Refracción”, ocurre algo similar. Es posible apreciar el uso de diferentes modelos interpretativos en poco espacio para reforzar una misma idea. Comienzan con una analogía mecánica donde se muestra un coche que se desliza por un plano inclinado (con un error conceptual evidente pero que no será tratado aquí), para luego mostrar con un diagrama de rayos la trayectoria que sigue la luz al cambiar de medio, y finalmente se utiliza un modelo matemático para plantear la ley de la refracción.

“Si deixamos caer un coche de juguete sobre un plano inclinado de madera, observaremos que el coche mantiene su dirección inicial durante todo el trayecto. Así mismo, si la mitad del plano estuviese forrado de un material como moqueta, nos daríamos cuenta que el coche varía su dirección al cambiar de medio.”

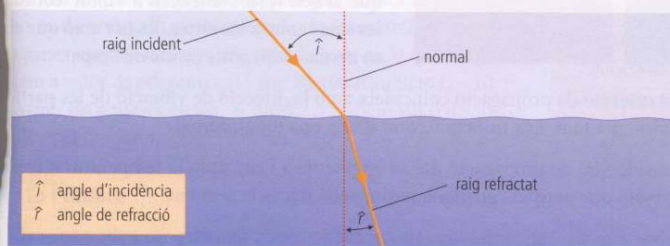
Quando una onda cambia de medio de propagación, también cambia su dirección. Este fenómeno es conocido como refracción”

5 ▶ Refracció d'ones

Si deixem caure un cotxe de joguina sobre un pla inclinat de fusta, observarem que el cotxe manté la seva direcció inicial durant tot el trajecte. Tanmateix, si la meitat del pla estigués folrat d'un material com ara moqueta, ens adonaríem que el cotxe varia la seva direcció en canviar de medi.

Quan una ona canvia de medi de propagació, també canvia la seva direcció. Aquest fenomen és conegut com a refracció.

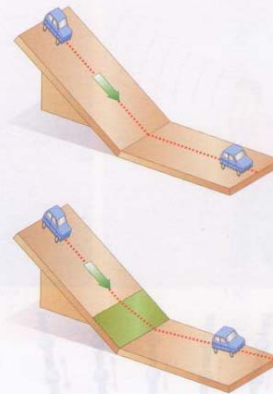
El raig que arriba a la superfície de refracció és anomenat **raig incident** i el que es refracta és el **raig refractat**. La recta perpendicular a la superfície de refracció és anomenada **normal**. L'angle que forma el raig incident amb la normal s'anomena **angle d'incidència** i el que forma el raig refractat amb la normal, **angle de refracció**.



Les ones es propaguen amb una velocitat o una altra segons el medi de propagació que tinguin. Aquesta és la causa per la qual quan s'esdevé un canvi de medi té lloc una desviació. La llei de Snell relaciona la variació amb el canvi de direcció de la forma següent:

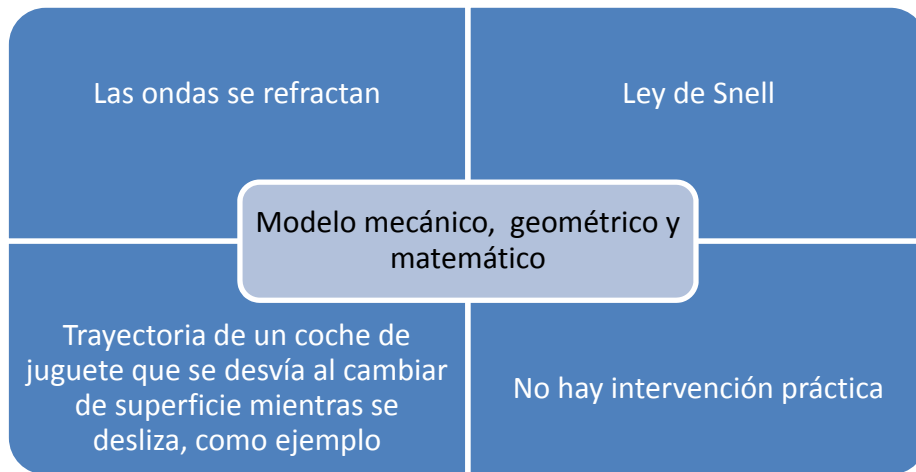
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_i}{v_r}$$

Representación matemática



Esta representación puede inducir a un error conceptual dado que el coche incide de forma perpendicular a la zona verde y sin embargo se desvía, cosa que no ocurre con la luz cuando incide del mismo modo en otro medio. Los errores conceptuales escapan de esta investigación pero son de interés dado que en este caso el texto escrito no da explicación al respecto quedando todo en manos de la imagen.

A partir de lo anterior podemos identificar la siguiente formación semiótica:



R2: La luz por ser una onda (C1 y C3) también se refleja y refracta.

En este caso, las relaciones de clase son claramente especificadas por el libro:

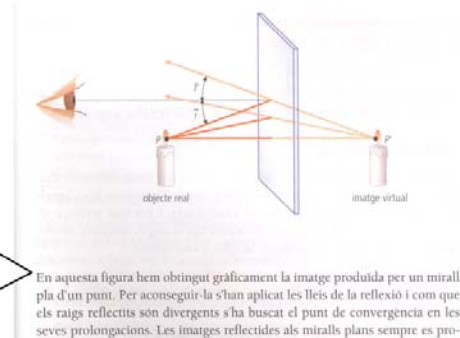
“El hecho de que la luz se comporte como una onda nos indica que cuando llega a una determinada superficie se reflejará”

Esto permite asumir entonces que los fenómenos ondulatorios como son la reflexión y la refracción, son también fenómenos atribuibles a la luz:

“Tal como pasa con el resto de las ondas, la luz se propaga con diferente velocidad según esté en un medio o en otro. En un apartado anterior, explicábamos que esta es la causa de que cuando hay un cambio de medio tenga lugar una desviación”

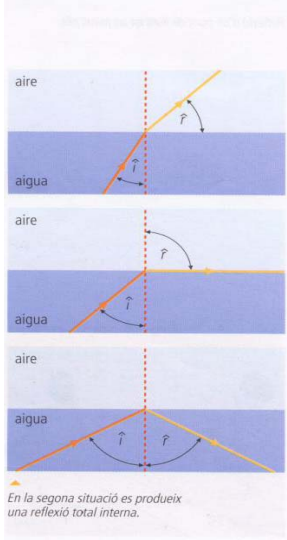
Los hechos citados permiten hablar de la luz entendiéndola como una onda pero es a través de un modelo geométrico que se conecta con los ejemplos y se elaboran las explicaciones.

“En esta figura hemos obtenido gráficamente la imagen producida por un espejo plano de un punto. Para conseguirla se han aplicado las leyes de la reflexión y como que los rayos reflejados son divergentes se ha buscado el punto de convergencia en sus prolongaciones”



En el caso de la refracción, se incorporan relaciones matemáticas para complementar las explicaciones sobre la relación entre los índices de refracción de cada medio y los ángulos con los que incide y se desvía la luz al pasar por ellos, y que son ilustrados a través de un diagrama de rayos (representación geométrica).

Enunciado matemático de la ley de Snell, a partir de la definición del índice de refracción absoluto



10 ► Refracció de la llum

Tal com passa amb la resta d'ones, la llum es propaga amb diferent velocitat segons estigui en un medi o en un altre. En un apartat anterior, explicàvem que aquesta és la causa que quan hi ha un canvi de medi tingui lloc una desviació. Esmentàvem la llei de Snell, que relaciona la variació de velocitat amb el canvi de direcció, de la manera següent:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_i}{v_r}$$

definim l'índex de refracció relatiu: $n_r = \frac{v_i}{v_r}$.

Parlar de la llum és molt interessant definir el que s'anomena índex de refracció absolut, n , que s'obté del quocient entre la velocitat de la llum en el buit, $c = 300\,000\,000\text{ km/s}$, i la velocitat de la llum en el medi on es propaga v . Així, doncs, podem dir que $n = \frac{c}{v}$, és un valor sense unitats.

A partir de la definició de l'índex de refracció absolut, podem presentar la llei de Snell de la manera següent:

$$n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$$

on n_1 és l'índex de refracció absolut del medi des del qual s'incideix i n_2 és l'índex de refracció absolut del medi on té lloc la refracció.

> Reflexió total interna

Un cas especialment interessant succeeix quan un raig passa d'un medi d'índex de refracció major a un altre amb l'índex menor. Quan passa això, l'angle de refracció sempre és major que el d'incidència, i per tant arribarà un moment en què aquell serà de 90° . En aquest cas, el raig es reflecteix absolutament i és el fenomen anomenat de la *reflexió total interna*.

L'angle d'incidència pel qual s'arriba a la reflexió total interna rep el nom d'*angle limit*. Aquest es calcula posant un angle de refracció de 90° en la llei de Snell:

La fibra òptica se basa en el fenomen de la reflexió total interna.

En este capítulo se menciona la Reflexión total interna como un caso especial que encuentra explicación en la ley de snell y aplicación en la fibra óptica.

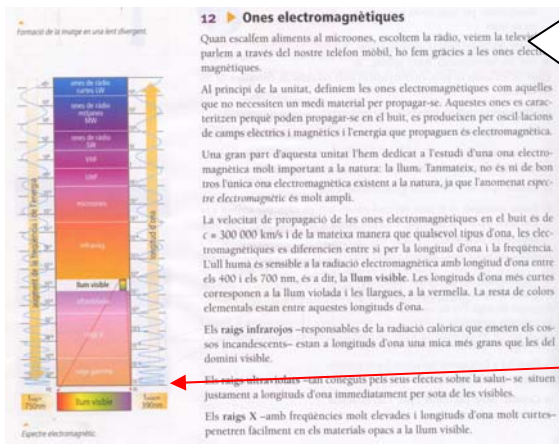
Las relaciones matemáticas son posteriormente aplicadas en preguntas cuantitativas como por ejemplo; "Si un rayo que se propaga en el aire ($n=1$) incide con un ángulo de 30° sobre una superficie de agua ($n=1,33$), calcula el ángulo de refracción".

C3: La luz es una clase de onda electromagnética

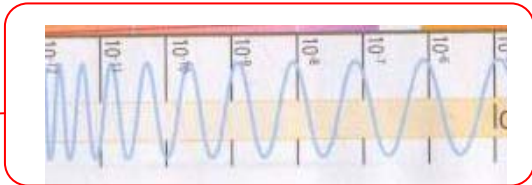
Al finalizar el capítulo el libro dedica menos de una página al tema de las ondas electromagnéticas a pesar de ser parte del título del capítulo y de que en la introducción se mencionaban variadas aplicaciones de estas y de cómo están presentes en el mundo cotidiano a modo de motivación para el estudio del contenido.

Al comienzo del capítulo, cuando se hablaba de las ondas en general, las ondas electromagnéticas fueron definidas como *“aquellas que no necesitan de un medio para propagarse”*.

En este punto se mencionan los tipos de ondas que componen el espectro electromagnético pero no se profundiza en ninguna de las aplicaciones o ejemplos mencionados por lo que la conexión que en un comienzo se establece con el mundo real queda en un nivel absolutamente teórico y superficial, solventado a base de dichos ejemplos.



“Cuando calentamos alimentos en el microondas, escuchamos la radio, vemos la televisión o hablamos a través de nuestro teléfono móvil, lo hacemos gracias a las ondas electromagnéticas”

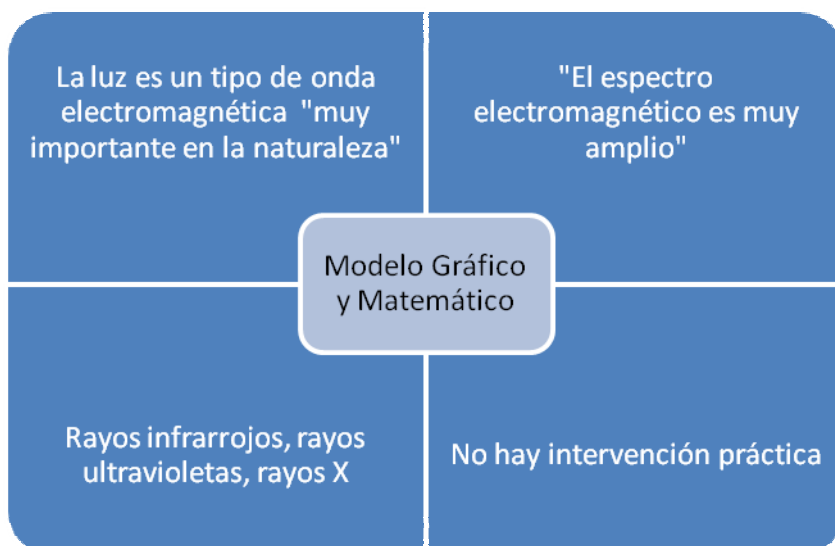


La representación utilizada para las ondas electromagnéticas es de tipo gráfica, permitiendo la comparación entre ellas según su longitud de onda o frecuencia

Si embargo, las preguntas que sobre ellas se formulan van orientadas a las relaciones numéricas que se pueden establecer entre sus variables, utilizando entonces las representaciones matemáticas ya vistas con anterioridad. Un ejemplo de pregunta en este caso es:

“Calcula la longitud de onda de los rayos que emite un aparato de rayos X si tienen una frecuencia de $3 \cdot 10^8 \text{ Hz}$ ”

Podemos entonces identificar una formación semmiótica para este tema del siguiente modo:



En resumen, hemos podido ver que el libro tradicional 1 (LT1) utiliza diversos modelos interpretativos para conectar teoría y mundo real para diferentes aspectos de las ondas. Los modelos utilizados para cada caso se exponen en la tabla que a continuación se presenta:

| Conceptos / Fenómenos | MIR | | | | |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Gra | Mec | Geo | Ond | Mat |
| Características de las ondas | X | X | | X | X |
| Reflexión de las ondas | | X | X | | |
| Refracción de las ondas | | X | X | | X |
| Propagación del sonido | | X | | X | X |
| Cualidades del sonido | | | | X | X |
| Reflexión de la luz | | | X | | |
| Refracción de la luz | | | X | | X |
| Ondas electromagnéticas | X | | | | X |

Es considerable la variedad de interpretaciones utilizadas, y que, por lo que hemos visto con anterioridad en detalle, no están correctamente diferenciadas ni conectadas unas con otras. Este es un aspecto importante a considerar desde nuestro punto de vista teórico que nos permitirá enriquecer las reflexiones posteriores.

5.2.2 Libro Tradicional 2

Repetimos el mismo análisis realizado al libro anterior para este segundo libro tradicional, a partir de la red teórico-factual construida.

En este caso, el libro establece relaciones mayormente a través de ejemplos y distinguiendo que unos conceptos son clases de otros mas generales.

La red conceptual se estructura en torno al concepto de onda entendido como una forma de propagar energía, aunque es realmente el concepto “energía” el que aparece como centro de las explicaciones en la mayoría de los contenidos.

El sonido aparece directamente como un tipo de onda y la luz como un ejemplo de otro tipo de ondas que son las Electromagnéticas. Es precisamente en esta calidad de ‘ejemplo’ que NO se profundiza el concepto de luz como contenido ni en los fenómenos ondulatorios comúnmente asociados.

Hablar del sonido como una onda que transmite energía permite entender otros conceptos y fenómenos relacionados como la música, sus cualidades y que la contaminación acústica sea un problema asociado al “Ruido” por ejemplo. De este modo es en torno al concepto “Sonido” que el libro realiza la mayor parte de las conexiones con el mundo real y que a continuación son desglosadas haciendo referencia a las relaciones existentes entre los mismos conceptos/fenómenos.

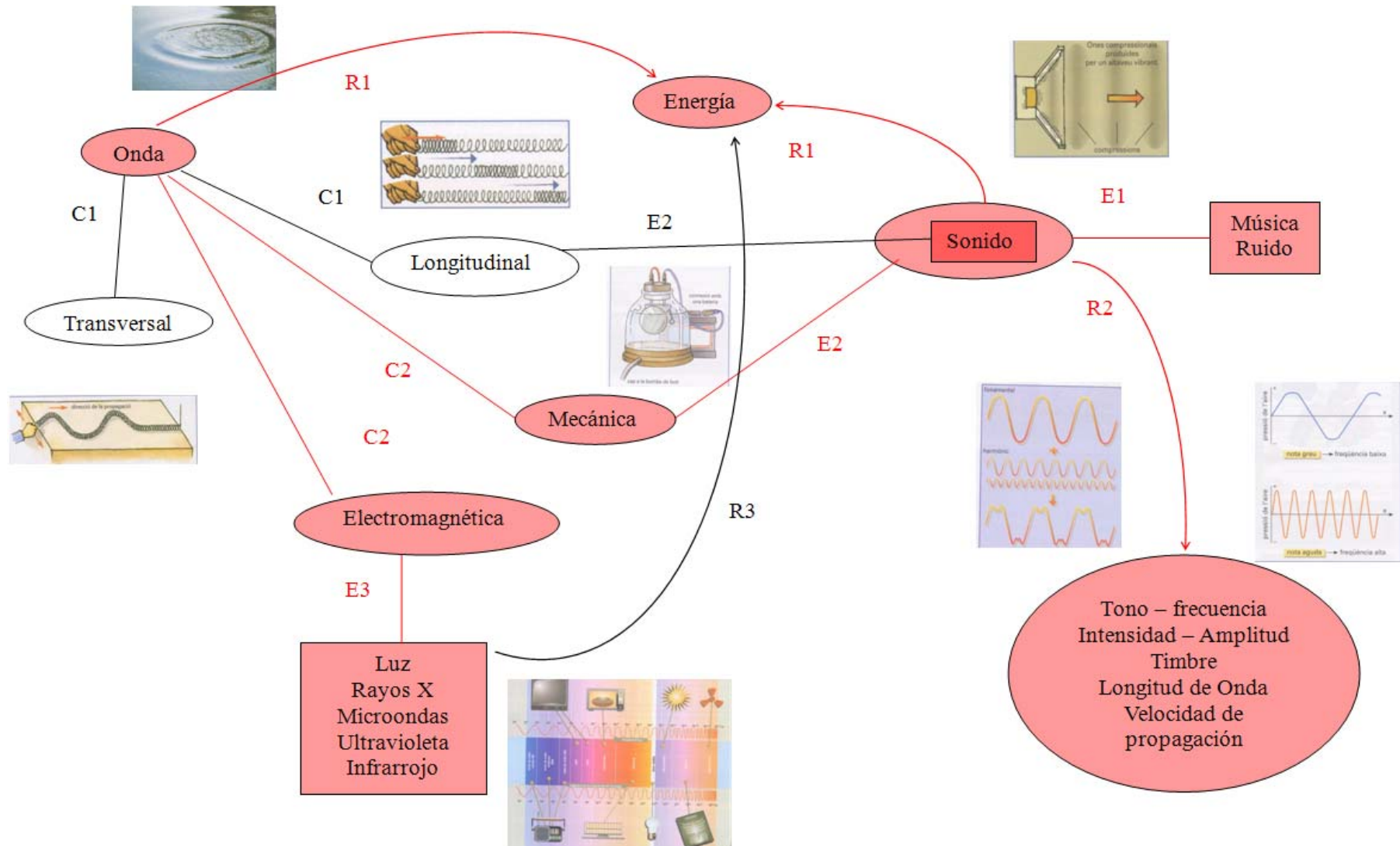
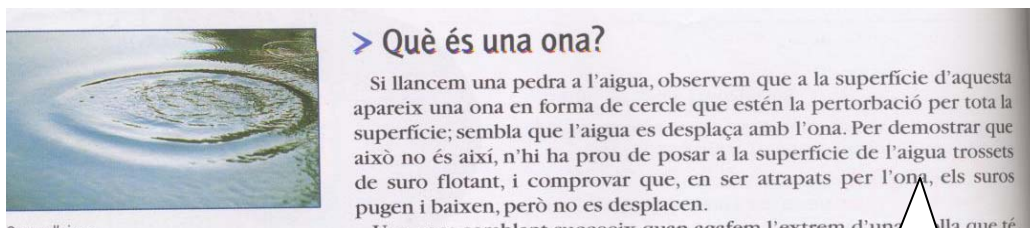


Ilustración 30. Red teórico factual y semiótica, libro tradicional 2

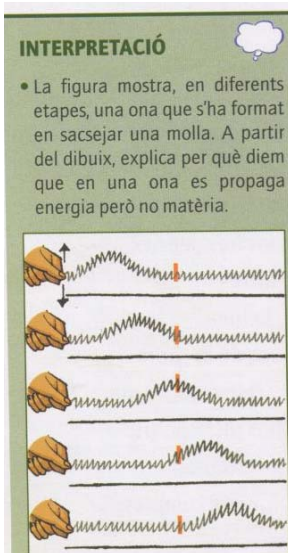
R1: Propagación de la energía. Los conceptos “onda” y “sonido” se definen como formas de propagación del concepto “energía”

“Una onda es una forma de propagación de energía que no va acompañada de transporte de materia”

Como un intento de definir lo que es una onda, se hace hincapié en la idea de “propagación de energía”, insistiendo en la importancia de esto respecto a la propagación de materia. Esto se refleja en el ejemplo de la piedra lanzada al agua.

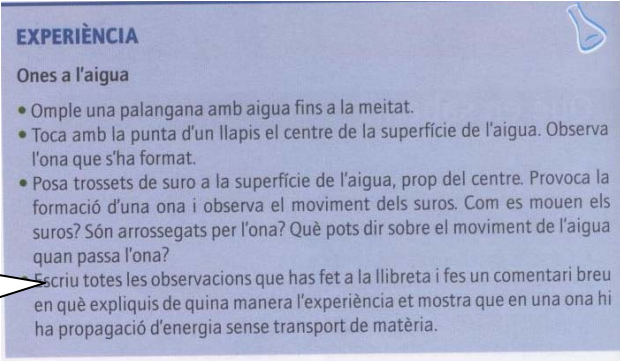


“Para demostrar que esto no es así...”



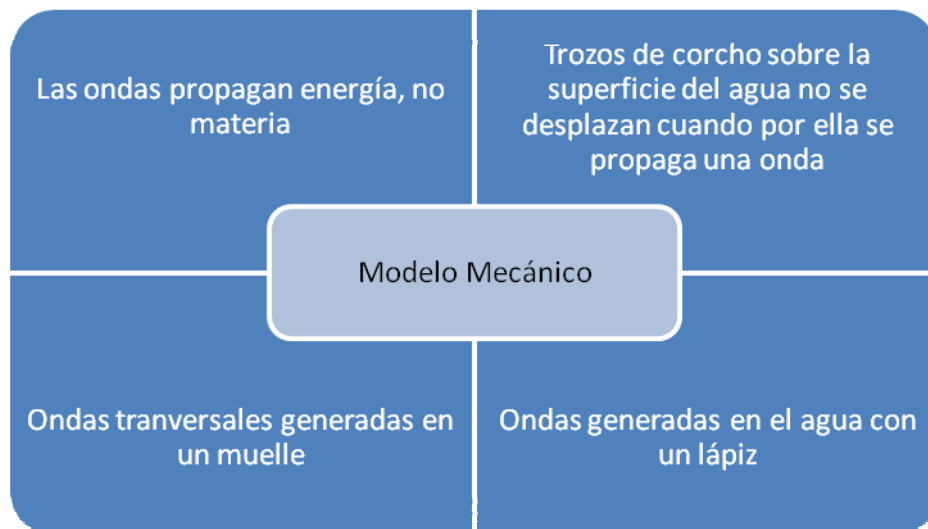
Un segundo ejemplo sobre esta idea la encontramos bajo el título de “Interpretación”, donde se muestra a través de una secuencia de imágenes, la representación de cómo se forma una onda a lo largo de un muelle a partir de un movimiento vertical de la mano que lo sostiene. En este caso se pide al alumno explicar *“por qué se dice que en una onda se propaga energía y no materia”*

Explica “de qué manera la experiencia te muestra que en una onda hay propagación de energía sin transporte de materia”



Para reforzar la idea se propone al alumno realizar la experiencia de formar ondas en el agua con un lápiz y observar como se propaga. Luego colocando encima trozos de corcho se pide al alumno observar el movimiento del mismo a medida que se propaga la onda por el agua.

Finalmente la idea de propagación de energía sin transporte de materia acaba siendo un hecho demostrable por la experiencia, y la formación semiótica queda de la siguiente forma:

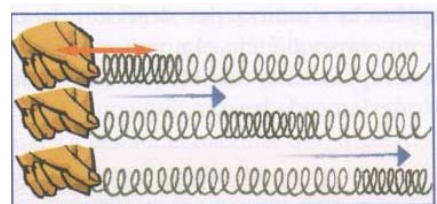


En el caso del sonido la relación es la misma.

“Las ondas sonoras propagan energía, de manera que hacen vibrar el tímpano de nuestra oreja y así la detectamos”

Tal como dice el texto, las ondas sonoras propagan energía, ya que plantea como un hecho que el sonido es una clase de onda. En este punto se plantea una pregunta que responde de inmediato y es: *“... cómo se generan y se propagan las ondas sonoras? Hay un modelo que nos puede ayudar a contestar a estas preguntas”*

Surge la idea de modelo como una manera de visualizar lo que ocurre con el sonido. Se utiliza la analogía de las vibraciones producidas en un muelle para responder a la pregunta planteada.



Del mismo modo , se especifica que este tipo de onda formada se llama Longitudinal aclarando que el sonido es entonces de este tipo de ondas (E2).

“Traslademos este modelo a las ondas sonoras”

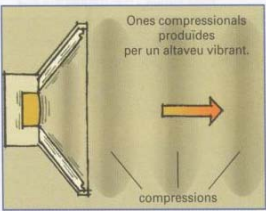
...tren d'ones longitudinals.

Les ones que s'han format en aquest cas són **ones longitudinals**, ja que la direcció de vibració és la mateixa que la de la propagació de l'ona.

Traslladem aquest model a les ones sonores. Tenim un objecte que vibra, com ara un diapasó o la membrana d'un altaveu. En fer-ho, els braços del diapasó i la membrana de l'altaveu es mouen molt ràpidament cap endins i cap enfora. Les partícules d'aire que hi estan en contacte també vibren, i en xocar amb les que es troben al seu costat, la vibració es propaga a través de l'aire. El resultat és una **ona sonora** que pot ser detectada per la nostra orella.

El moviment de les partícules d'aire crea zones en les quals les partícules estan juntes (zones de compressió o d'alta pressió) i zones en les quals les partícules estan separades (zones d'enrarament o de baixa pressió). Si es representen els canvis de la pressió de l'aire a mesura que s'allunyen de l'objecte que vibra, la gràfica resultant sembla la d'una ona.

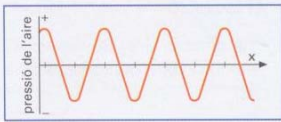
Les ones sonores són ones longitudinals, ja que les partícules d'aire vibren en la mateixa direcció en què es propaga l'ona.



Ones compressionalis produïdes per un altaveu vibrant.

compressions

b) Gràfica que indica com varia la pressió de l'aire amb la distància en un instant.



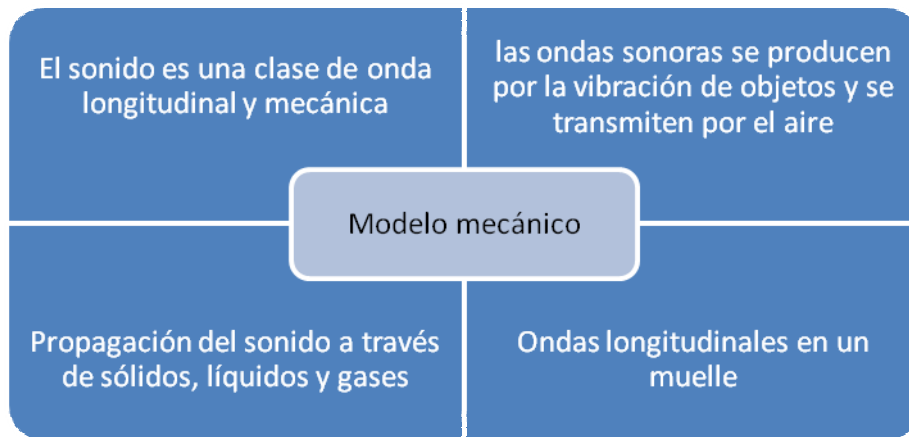
pressió de l'aire

x

“... la gràfica resultant parece la de una onda”

Al aplicar el modelo mecánico del muelle al caso de un sonido, surge la idea de cómo las vibraciones generadas por un objeto se propagan a través de las ‘partículas’ del aire dando como resultado una onda sonora. Las imágenes que acompañan al texto en este caso, ayudan a visualizar las explicaciones escritas reforzando y complementando lo escrito en palabras, siendo consideradas una “representación” de los hechos y que de forma gráfica “parece una onda”. De este modo la pregunta anteriormente propuesta por el libro queda respondida y se acaba el apartado explicando por qué las ondas sonoras son consideradas ondas longitudinales, sin embargo la justificación no es mas que la definición misma de lo que es en sí una onda longitudinal.

A partir de lo anterior podemos identificar la siguiente construcción semiótica:



R2: El sonido tiene características que se relacionan con las características propias de todas las ondas, ya que el sonido es una clase de onda (C2)

En este punto el libro conecta con el mundo real utilizando una interpretación gráfica para explicar las cualidades del sonido relacionándolas con las características propias de las ondas. A partir de aquí se aplican las ideas teóricas a la música y se propone a los alumnos intervenir de forma práctica con un montaje experimental sencillo para establecer relaciones entre las magnitudes implicadas.

Tras la idea de que todos los sonidos que percibimos desde temprana edad son diferentes entre sí, se introducen los conceptos de Tono, Intensidad y Timbre como características del sonido pero a su vez relacionadas con las características propias de cualquier onda que son la frecuencia y la amplitud.

“Desde pequeños los niños y las niñas aprenden a diferenciar los sonidos que les rodean”

EXPLORACIÓ D'IDEES

- Què entens per una nota aguda?
I una nota greu? Dóna exemples de sons aguts i sons greus.

> Les característiques del so

Des de petits, els nens i les nenes aprenen a diferenciar els sons que els envolten. Tots coneixem la veu dels nostres familiars o amics i els sorolls quotidians com el de l'aigua en moviment o el dels cotxes. Si ens agrada la música, és probable que sapiguem distingir una nota d'una altra o l'instrument que sona. Tots aquests sons són diferents, i la diferència es basa en tres característiques: el **to**, la **intensitat** i el **timbre**.

Se incluye en este apartado una pregunta a título de “exploración de ideas”, que puede ser respondida con certeza una vez acabado el capítulo y que denota el interés por el autor de cuestionar ideas previas.

Es interesante destacar que los conceptos “Tono” y “Frecuencia” son considerados términos para dar nombre a una entidad, o sea, no son mencionados como si fuesen la entidad misma, contrario a lo que ocurre con los conceptos de “Intensidad”, “Amplitud” y “Timbre”:

*“La palabra **Tono** se utiliza para describir si una nota es alta (aguda) o baja (grave)”*

*“La palabra **frecuencia** se utiliza para describir la rapidez con que vibra un objeto...”*

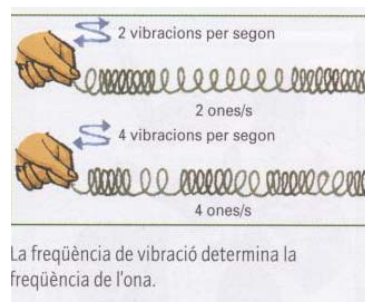
*“La **intensidad** del sonido es la característica que mide la energía que transporta la onda sonora”*

*“La distancia máxima que recorre la cuerda [ejemplo de una guitarra] al vibrar desde la posición de reposo es la **amplitud**”*

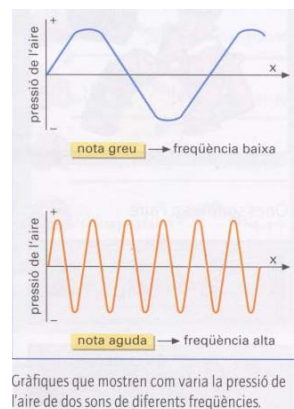
*“Diferenciamos claramente una nota emitida por un piano de una nota emitida por una guitarra. Ambas notas tienen un **timbre** o una cualidad diferente”*

En el caso de los dos primeros ‘términos’, se recurren a diferentes tipos de representaciones para aclarar las ideas, donde las imágenes ayudan en la descripción de los conceptos. Para el caso del concepto de “frecuencia” se utiliza un modelo interpretativo de tipo mecánico, que muestra como se

forman oscilaciones en un muelle con diferentes número de vibraciones. El dibujo no es del todo claro, por lo que en este caso, se hace necesario el apoyo del profesor para la aclaración del concepto, siendo una buena forma la reproducción “in situ” de lo que el dibujo muestra.



No obstante cuando se habla del concepto “Tono”, se recurre a un modelo gráfico, donde el lector requiere cierto conocimiento previo en la interpretación de gráficas para realizar una lectura adecuada de la información que se presenta. Se puede observar en la imagen que los ejes coordinados carecen de escalas numéricas, por lo que queda en manos del profesor y lector asumir que en ambos casos los ejes son iguales y poder entonces hacer la comparación pertinente entre un caso y otro (nota grave y nota aguda).



Esto sumado a la no pertinente conexión entre los muelles mostrados y las gráficas obtenidas puede conducir a errores conceptuales sobre la relación entre ambas representaciones. Como un modo de complementar dicha relación, y probablemente aclarar toda confusión, se plantea al lector una experiencia práctica bajo el título de “investigación”, donde se busca medir la frecuencia de un péndulo (modelo mecánico).

“Cómo se consigue aumentar el tono en una cuerda de guitarra?”

INVESTIGACIÓ

Mesura de la freqüència d'un pèndol

- Fes un muntatge com el de la figura.
- Dissenya un mètode per determinar la freqüència amb què oscil·la el pèndol, és a dir, per establir el nombre d'oscil·lacions per segon.
- Investiga com varia la freqüència segons:
 - la longitud del pèndol,
 - l'amplitud de l'oscil·lació.
- Com s'aconsegueix augmentar el to en una corda de guitarra?

La pregunta planteada al final de la actividad busca precisamente que el lector, en este caso participe de la actividad, puede establecer una relación entre los conceptos relacionados a partir del manejo de variables diversas como la longitud del péndulo (modelo mecánico) y la amplitud de la oscilación (modelo ondulatorio).

Anteriormente se mencionaba que otros conceptos como “amplitud” e “intensidad” son consideradas las entidades en sí mismas y es en este caso donde

resurge el concepto “energía”, dado que el sonido es un tipo de onda (C1) y como tal, sus características deben relacionarse también con lo establecido por la Regla 1 (R1).

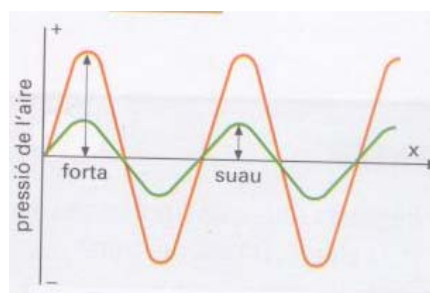
“Un sonido mas intenso significa una onda sonora de mas amplitud y que propaga mas energía”

PENSEM

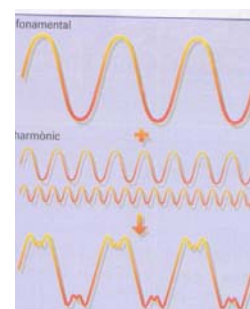
• Què s'ha de fer per tocar amb una guitarra una nota forta? I una de suau?

Se propone una pregunta bajo el título de “Pensemos”, que a su vez es respondida por el libro, haciendo uso del ejemplo de la cuerda de una guitarra al vibrar. Se habla entonces de “amplitud” y de “intensidad” de la onda sonora.

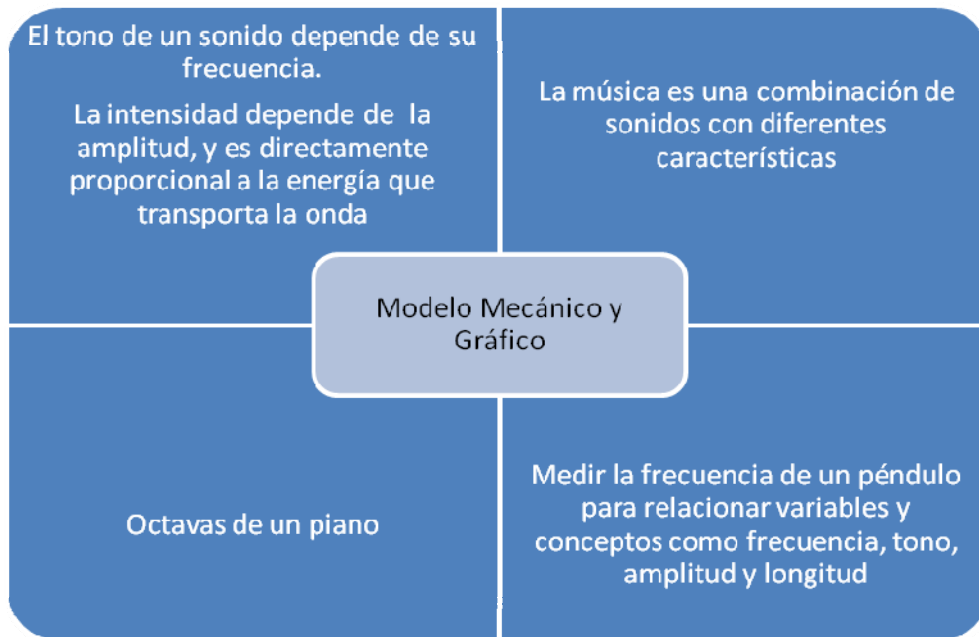
No obstante, la imagen que acompaña al texto en este caso, pretende explicar de forma gráfica como dos ondas de una misma frecuencia pero diferente intensidad tienen diferentes amplitudes, utilizando como unidad de medida la presión del aire. En pocas palabras, la no conexión entre el ejemplo de una cuerda de guitarra con la gráfica de amplitud que utiliza como ejes coordenados la presión de aire y la posición en el espacio es para nada explicativa, sino mas bien contradictoria.



Finalmente al hablar del concepto “Timbre”, las explicaciones son escasas, y las representaciones gráficas utilizadas, que aparecen a continuación, carecen de ejes coordenados que ayuden a la explicación, por lo que se hace necesaria la intervención del profesor en la instrucción.



A partir de lo expuesto podemos definir la siguiente formación semiótica sobre esta relación:



C1: Las ondas pueden ser mecánicas o electromagnéticas según si necesitan o no un medio para propagarse. El sonido es un ejemplo de onda mecánica (E2)

La distinción entre ambos tipos de ondas permite retomar el tema sobre la propagación del sonido pero ahora desde el punto de vista de sus características.

Bajo el título de “Propagación del sonido” el libro trata las características de dicha propagación.

“El sonido necesita un medio material para propagarse, por lo tanto, no se propaga por el vacío. Es un ejemplo de una onda mecánica. Hay una experiencia que nos permite demostrar este hecho”

El hecho en cuestión es el caso de un timbre puesto dentro de una campana al vacío. Con esta imagen el lector visualiza la experiencia y se “demuestra” que el sonido necesita de un medio material para poder propagarse, lo cual, sin la explicación escrita pertinente no sería comprensible. La pregunta planteada a modo de “exploración de ideas”: *“crees que el sonido se propaga por el vacío?”* queda de este modo respondida.





Se especifica a continuación que el sonido se propaga por sólidos, líquidos y gases, y que la velocidad de propagación depende del medio de propagación. Complementando esta idea, se muestra una tabla de valores que indica la velocidad del sonido en [m/s] para cinco medios diferentes, pudiendo deducirse que la velocidad es mayor en los sólidos que en líquidos y gases.

La explicación de este hecho no es explícita quedando en manos del docente la tarea de profundizar en el tema y dando la posibilidad de que sea el propio lector quien se plantee el por qué de la situación. A raíz de la información expuesta en la tabla se puede responder a la pregunta planteada bajo el título de “Pensemos”, que plantea: “¿Por qué crees que el indio pone la oreja sobre los rieles del tren? Y de este modo reflexionar sobre lo expuesto anteriormente.

| Velocitat del so en diferents medis | |
|-------------------------------------|---------------|
| Medi | Velocitat m/s |
| aire | 330 |
| aigua | 1 400 |
| acer | 5 000 |
| coure | 3 800 |
| formigó | 5 000 |

Posterior a esto se plantea a modo de ejemplo, “Qué distancia recorre el sonido en 5.0 segundos a través del agua” Las relaciones matemáticas necesarias para responder esta pregunta no han sido expresadas en un momento anterior del capítulo, por lo que podemos deducir 2 cosas, o el libro está haciendo uso de contenidos vistos en la asignatura en los años anteriores (mecánica es un contenido que se estudia en 2º ESO), o bien, está aprovechando el ejemplo para explicar que la distancia que recorre una onda se puede obtener multiplicando su velocidad de propagación con el tiempo que tarda en recorrer dicha distancia.

$$d = vt = 1400 \frac{m}{s} \times 5,0 s = 7000m = 7,0 km$$

A continuación se propone a modo de “Aplicación” una pregunta de tipo cuantitativa, de las que categorizamos como “ejercicio”, que plantea: “¿Cuánto


tiempo tarda un sonido en recorrer 3,0 km a través del aire?, ¿Y a través de los rieles de un tren?”

Finalmente se propone a modo de investigación “Ondas longitudinales en un muelle” a través de la cual se pueden generar ondas y calcular su velocidad de propagación si se mide la longitud del muelle y el tiempo que tarda la onda (o pulso de onda) generada en recorrerlo.

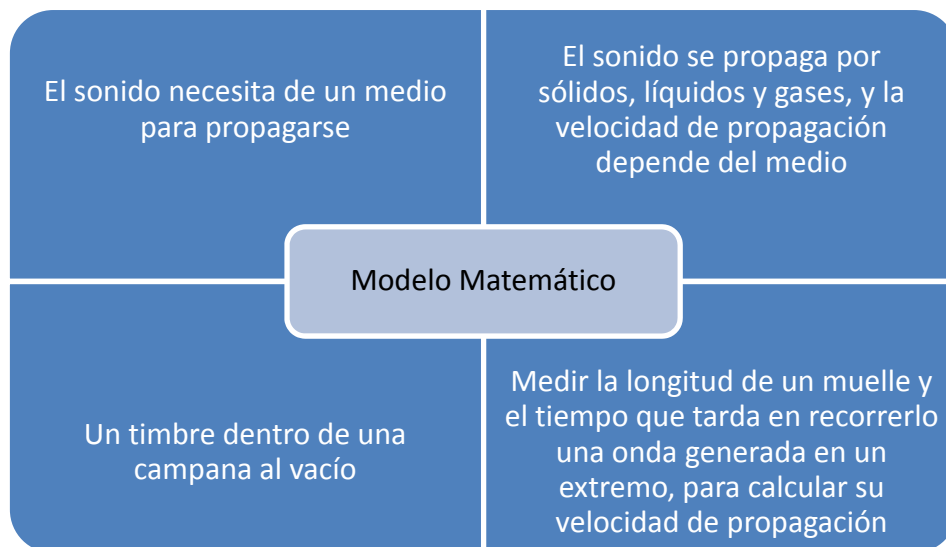
INVESTIGACIÓ

Ones longitudinals en una molla

- Agafa una molla, col·loca-la sobre una taula i estira-la amb compte. Subjecta un dels extrems per evitar que es mogui.
- Dóna un cop a l'extrem solt amb la mateixa direcció que la molla.
- Fes que oscil·li l'extrem solt de la molla en la direcció longitudinal a aquesta.
- Observa què passa i anota les teves observacions.
- Mesura la longitud de la molla i el temps que tarda una ona a recórrer aquesta longitud. Calcula la velocitat de propagació.



Todo lo anterior se puede ver expresado en la siguiente formación semiótica:



E1: “La música o el ruido son ejemplos de sonidos”

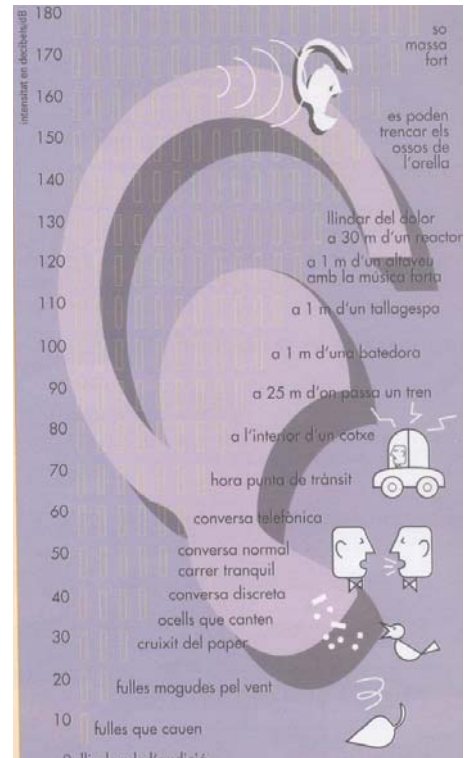
“La música o el ruido son ejemplos de sonido”

Con esta afirmación el ruido es considerado un ejemplo de sonido, y por lo tanto un tipo de onda, lo que permite hablar de él en términos de su intensidad como una característica más de cualquier onda.

Al finalizar el capítulo se propone una lectura complementaria sobre el tema, en el que se trata el tema de la contaminación acústica haciendo hincapié en como la intensidad del sonido puede llegar a ser dañina para el oído humano.

“Las personas que viven en una calle con mucho tránsito o cerca de un aeropuerto, saben que el ruido puede llegar a ser muy molesto. El ruido también se puede considerar un contaminante como el humo.

El ruido es más molesto cuanto más grande sea su intensidad. Para medir la intensidad de un sonido se utiliza un sonómetro, que tiene una escala en decibeles”



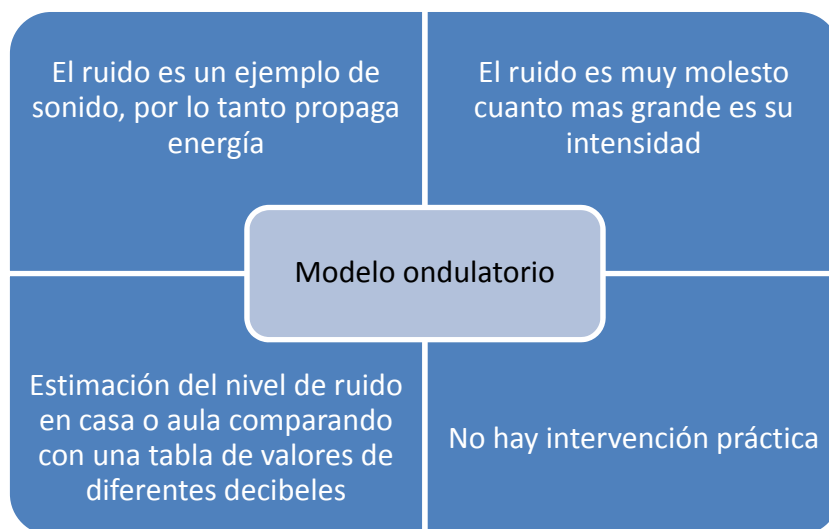
Se muestra una escala de valores que indica los decibelios correspondientes a diferentes ruidos cotidianos como, por ejemplo, el de una conversación telefónica o la hora punta del tránsito.

Posterior a esto, se propone al lector responder una serie de preguntas en torno al tema que requieren de la aplicación de lo leído, pero a un nivel teórico, como se ha podido ver en el diagrama del modelo interpretativo correspondiente.

Una manera de llevar el tema a una intervención práctica sería dar a los alumnos la posibilidad de usar un sonómetro real, hacer mediciones e investigar en torno al problema de la contaminación acústica en situaciones reales y cotidianas a la vida del alumno (lector).

En resumen, se habla del ruido en términos ondulatorios, como un proceso de transmisión de energía, y de ahí su peligrosidad y molestia, por eso el modelo interpretativo diremos que se corresponde con uno ondulatorio, aunque lo más correcto, tal como se ha explicado en el capítulo anterior, sería hablar en términos de un modelo energético.

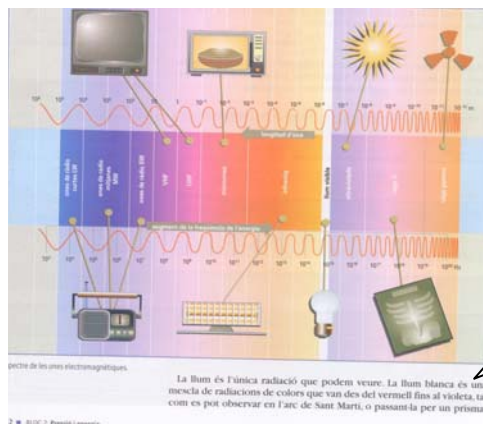
La formación semiótica correspondiente en este caso es la que sigue:



E3: La luz, los rayos X, etc... son ejemplos de Ondas Electromagnéticas

El libro dedica una página al tema de las ondas electromagnéticas, mencionando como están presentes en variadas cosas de la vida cotidiana, pero sin profundizar en ninguna de ellas. Se propone al lector que haga una lista de las radiaciones que conoce a modo de "exploración de ideas", indicando algunas aplicaciones que estas radiaciones tienen. A continuación se incluye una imagen que muestra los diferentes tipos de ondas electromagnéticas que existen complementando la información con dibujos alusivos y la escala de valores de las correspondientes longitudes de onda y frecuencias para cada elemento del espectro electromagnético.

Sólo al final de la página, bajo la imagen se habla de la luz visible sin profundizar en ella, ni en sus propiedades.



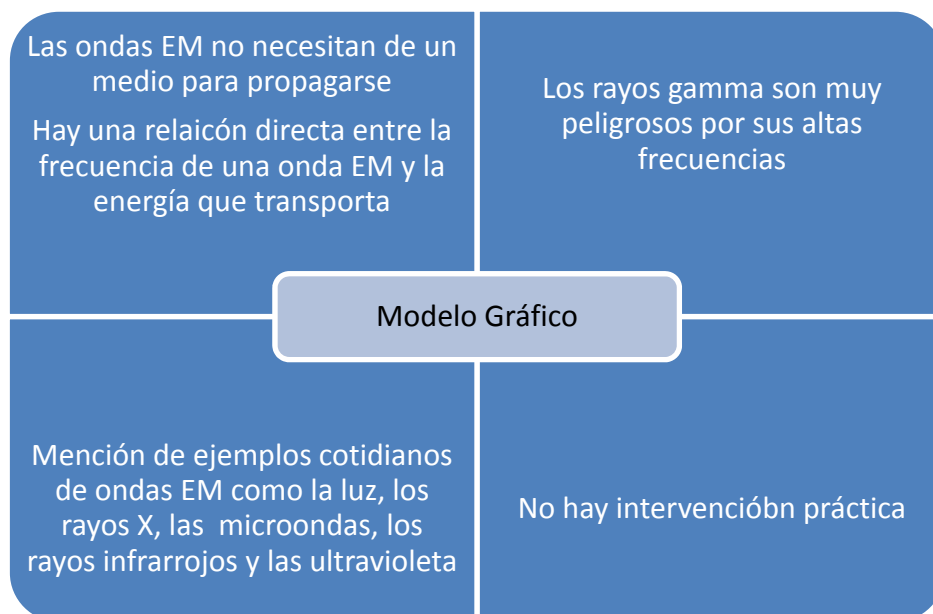
“La luz es la única radiación que podemos ver. La luz blanca es una mezcla de radiaciones de colores que van desde el rojo al violeta tal como se puede observar en el arco de San Martín, o pasándola por un prisma”

Cabe destacar en este punto también, que el libro relaciona las ondas electromagnéticas con la energía que transportan (**R3**), pero dicha relación queda a un nivel completamente teórico donde utiliza un ejemplo para confirmar dicha relación, tal como se puede leer en la siguiente unidad de significado:

“Hay una relación directa entre la frecuencia de una onda electromagnética y la energía que transporta. Cuanto más grande sea la frecuencia de una onda, mas grande es su energía. Eso explica que los rayos gamma sean tan peligrosos”

El ejemplo citado sobre la peligrosidad de los rayos gamma es un hecho interesante pero como aplicación del contenido es poco aprovechado.

A pesar de que se habla de las ondas electromagnéticas en términos de “su energía” el MIR utilizado para este caso se limita a las representaciones gráficas, por lo que el constructo semiótico en este caso de la siguiente forma:



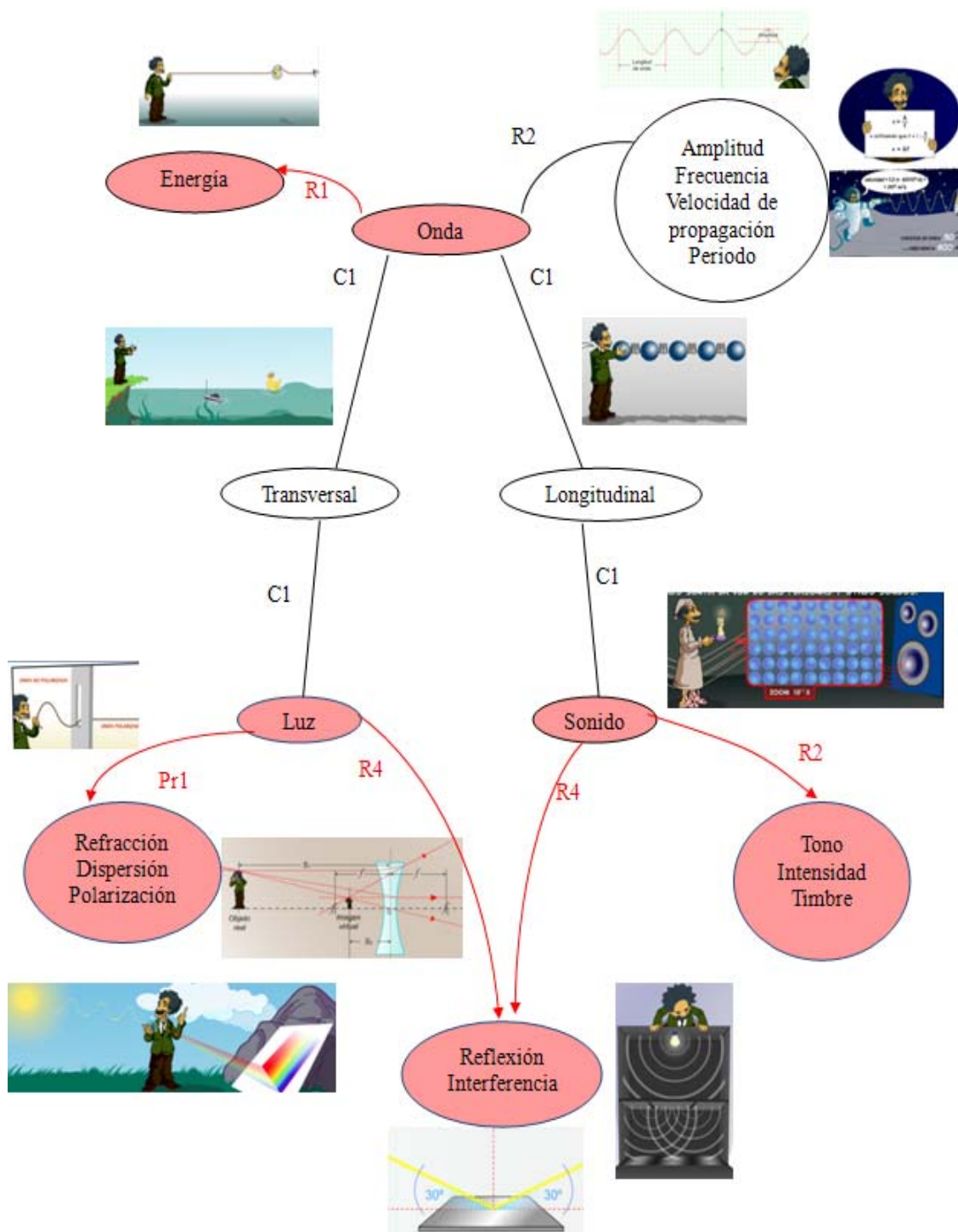
Podemos decir entonces, al igual que para el libro anterior, cuales son los modelos interpretativos de la realidad que utiliza este libro en general para hablar de los contenidos tratados sobre las ondas.

| Conceptos / Fenómenos | MIR | | | | |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Gra | Mec | Geo | Ond | Mat |
| Propagación de las ondas | | X | | | |
| Propagación del Sonido | | X | | | X |
| Cualidades del sonido | X | X | | | |
| Ruido | | | | X | |
| Ondas electromagnéticas | X | | | | |

En este caso la variedad de modelos no es tanta, porque salvo el caso de las cualidades del sonido, se utiliza una sola interpretación para cada caso. De todas formas, dado el análisis realizado, podemos decir que la relación entre estos modelos tampoco es explícita por pocos que sean.

5.2.3 Libro Digital 1

En el caso de este primer libro digital, la estructura conceptual es bastante clara en el sentido de que incorpora conceptos y fenómenos en un orden retórico comprensible, partiendo del concepto de "Onda" hasta llegar a fenómenos que van ligados a la luz y al sonido. Es a partir de ahí que se establece una relación entre la teoría y el fenómeno tal como las representaciones nos van indicando con sus ejemplos. A continuación pasamos a diferenciar dichas relaciones establecidas.



R1: Una onda transmite energía (a través de la propagación de la perturbación que la genera)

La idea de transmisión de energía sin transporte de materia predomina en las explicaciones sobre qué es una onda. Para comprender dicha idea el libro recurre a ilustraciones de situaciones que puedan ser cercanas al lector, a modo de ejemplos, que constituyen en este caso la forma de conectar la teoría con lo conocido y real.



“Como sabes, la energía se transmite de un lugar a otro por contacto entre cuerpo... pero no siempre es necesario que haya transmisión de materia para transmitir energía”

“El movimiento ondulatorio es aquel en el que se transmite energía...”

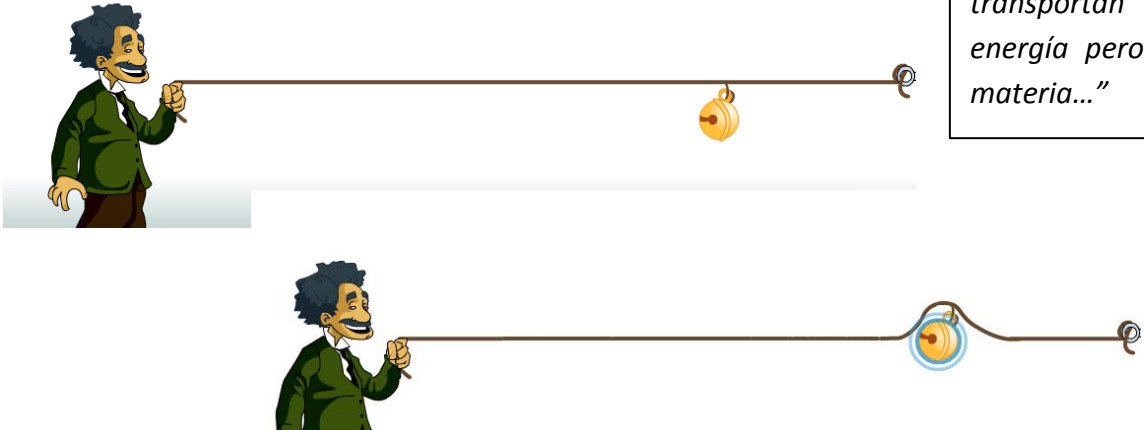
“La transmisión de la energía se hace mediante la propagación de una perturbación que llamamos Onda...”

El libro incorpora una animación que el alumno debe ‘activar’ y que consiste en generar un pulso sobre una cuerda para observar su propagación, y que muestra como la energía de esa perturbación genera sonido en el cascabel cuando pasa por él, ya que le ha transmitido energía.

PARA ENTENDER BIEN LAS ONDAS, LO PRIMERO QUE HAY QUE TENER CLARO ES QUE LAS ONDAS TRANSPORTAN ENERGÍA PERO NO MATERIA. EN EL CASO DE UNA ONDA QUE SE PROPAGA A LO LARGO DE UNA CUERDA, ESTA ENERGÍA HACE OSCILAR ARRIBA Y ABAJO LAS PARTÍCULAS DE LA CUERDA, QUE CONSTITUYEN EL MEDIO POR EL CUAL SE PROPAGA LA ONDA. FÍJATE EN QUE DESPUÉS DE QUE LA ONDA PASE, TODAS LAS PARTÍCULAS DE LA CUERDA VUELVEN A SU POSICIÓN INICIAL. ES DECIR, LA CUERDA NO SE HA DESPLAZADO, PERO SE HA TRANSMITIDO ENERGÍA PORQUE SE HA HECHO SONAR EL CASCABEL.

“Para entender bien las ondas, lo primero que hay que tener claro es que las ondas transportan energía pero no materia...”

ACTIVAR 



Las explicaciones en torno a la propagación de la energía se hacen en términos mecánicos:

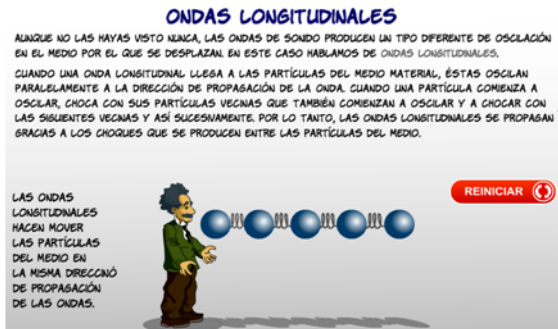
“... en el caso de una onda que se propaga a lo largo de una cuerda, esta energía hace oscilar arriba y abajo las partículas de la cuerda, que constituyen el medio por el cual se propaga la onda...”

Es entonces a través de los ejemplos e ilustraciones que el libro complementa las explicaciones llevándolas a situaciones conocidas para el lector, como por ejemplo, el flotar en el agua o las ondas que se generan en cuerdas.

A continuación, se habla sobre las ondas longitudinales y transversales como tipos de ondas **(C1)** también en términos mecánicos y acompañadas de imágenes dinámicas que permiten visualizar como se propaga la perturbación a través de un medio, veamos los casos:

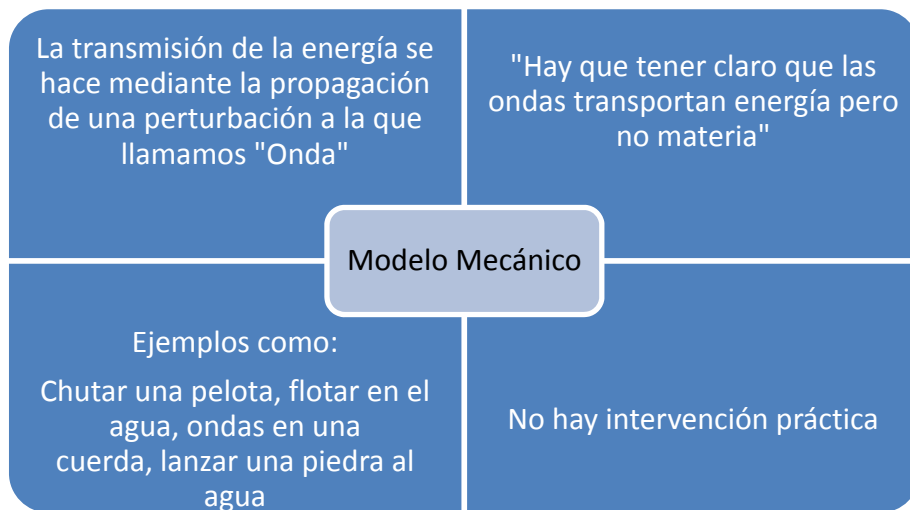


"... cuando la perturbación llega a las partículas del medio material, éstas oscilan perpendicularmente a la dirección en que se propaga la onda. Como cada partícula está ligada a las partículas vecinas, cuando una de ellas inicia la oscilación, las vecinas siguientes también lo hacen"



"Cuando una onda longitudinal llega a un medio material, éstas oscilan paralelamente a la dirección de propagación de la onda. Cuando una partícula comienza a oscilar, choca con sus partículas vecinas que también comienzan a oscilar y a chocar con las siguientes vecinas..."

En ambos casos el uso de un modelo interpretativo de tipo mecánico es más que evidente y la construcción semiótica utilizada en este caso queda del siguiente modo:



R2: Las Ondas tienen características. El sonido tiene cualidades propias que lo caracterizan.

Veamos primero cómo se presentan las características de las ondas en general.

Para estudiar cada una de las características sugeridas se presenta una lista de ellas y una animación que al activarla muestra el movimiento de oscilación de una tabla de surf sobre el mar y un cronómetro que mide el tiempo que transcurre en dicha oscilación.

LA **AMPLITUD** (A) ES EL MÁXIMO DESPLAZAMIENTO DE UNA PARTÍCULA RESPECTO A LA POSICIÓN DE EQUILIBRIO QUE TENÍA ANTES DE QUE LE LLEGARA LA ONDA. SE MIDE EN METROS.

LOS PUNTOS CON LA MÁXIMA AMPLITUD POSIBLE SE LLAMAN **VALLES O PICOS**, EN FUNCIÓN DE SI SE ENCUENTRAN MÁS ARRIBA O MÁS ABAJO DE LA POSICIÓN INICIAL.

LA **LONGITUD DE ONDA** (λ) ES LA DISTANCIA MÍNIMA ENTRE PUNTOS QUE SE ENCUENTRAN EN EL MISMO ESTADO DE VIBRACIÓN. TAMBIÉN SE MIDE EN METROS.

EL **PERIODO** (T) ES EL TIEMPO QUE TARDA UNA PARTÍCULA EN HACER UNA OSCILACIÓN COMPLETA. SE MIDE EN SEGUNDOS.

LA **FRECUENCIA** (f) ES EL NOMBRE DE OSCILACIONES QUE HACE UNA PARTÍCULA CADA SEGUNDO. SE MIDE EN 1/S O HERCIOS (Hz), Y SE PUEDE CALCULAR HACIENDO LA INVERSA DEL PERIODO.

ACTIVAR

Con esto se pretende aclarar el concepto de período y frecuencia, la relación entre ellos y cuál es la manera correcta de medirlos. En el “cuaderno de ejercicios” que el libro incluye, se plantea una pregunta para aplicar dicha relación:

COMPROBAR $T =$ s

Si la Frecuencia = 63.6 Hz

Da la respuesta con tres decimales de precisión.

ON OFF

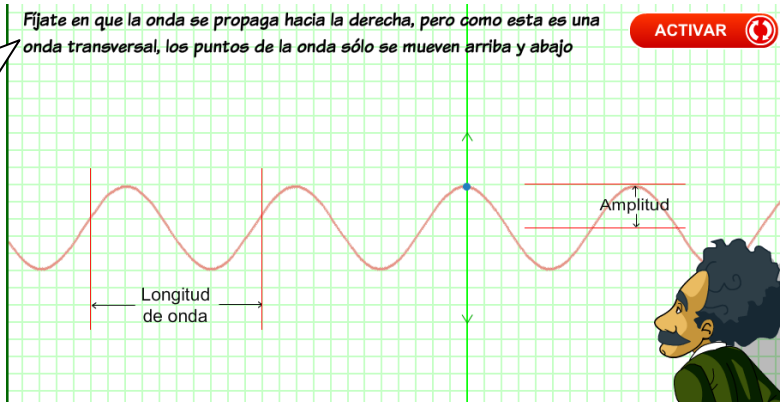
¿Cuál es el período de la onda?

Si su frecuencia es 63.6 Hz

El libro da la opción de comprobar el resultado.

A continuación el libro incorpora una animación que al activarla reproduce el movimiento de la gráfica sinusoidal de la figura indicando lo que corresponde a una longitud de onda y a la amplitud.

“Fíjate en que la onda se propaga hacia la derecha, pero como esta es una onda transversal, los puntos de la onda sólo se mueven arriba y abajo”



En este caso la gráfica pasa a ser la onda, se le atribuye movimiento y características, y la conexión entre este ejemplo y el anterior de las olas del mar no es especificado.

Finalmente para aclarar el concepto de velocidad de propagación se recurre a una animación donde al activarla se dispara una onda de cierta longitud de onda y frecuencia, de lo cual se realiza automáticamente el cálculo matemático correspondiente para obtener su velocidad de propagación mediante la relación:

$$v = \lambda \cdot f$$

$v = \frac{\lambda}{T}$
 o utilizando que $f = 1 : \frac{\lambda}{T}$
 $v = \lambda f$

velocidad = $0,5 \text{ m} \cdot 600 \cdot 10^6 \text{ Hz} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

LONGITUD DE ONDA 50 cm
 FRECUENCIA 600 MHz

Para aplicar dicha relación se propone como pregunta adicional, en el “cuaderno de ejercicios” lo siguiente:

¿A qué velocidad se mueve la onda?

Si su frecuencia es 79,7 Hz

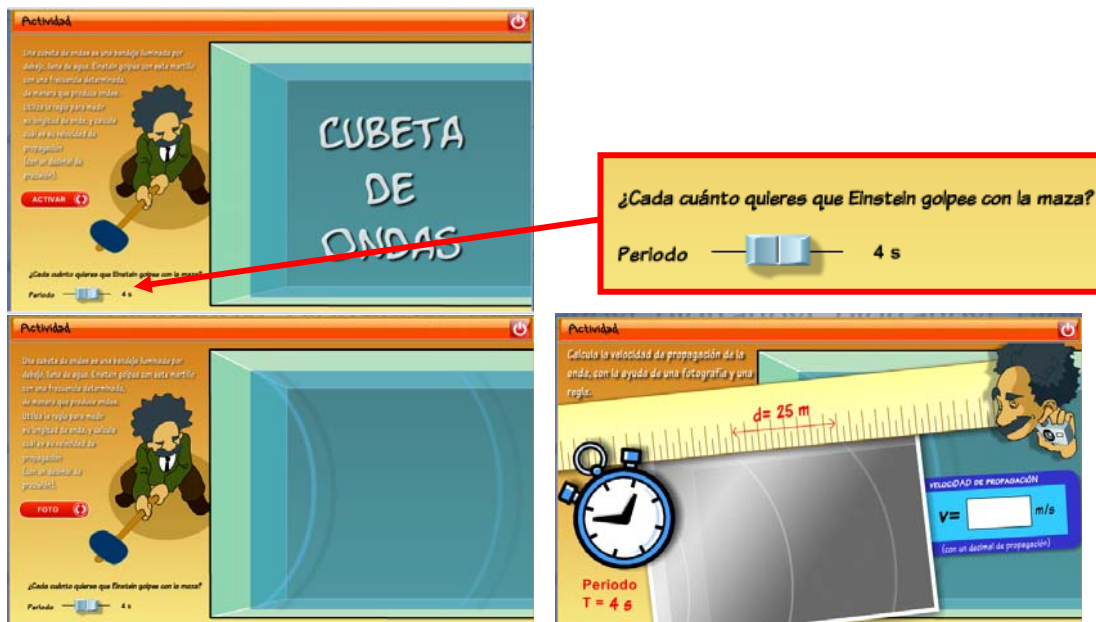
Y su longitud de onda es 4 m

En este ejercicio el libro da la opción de comprobar si el resultado es correcto.



Es posible observar, que cada una de las preguntas planteadas para las cuales se necesita una interpretación matemática, va acompañada de una representación gráfica de la onda, que no necesariamente es la misma onda sobre la cual se pregunta ya que dichas gráficas carecen de ejes coordenados como para conocer los valores de las características de la onda.

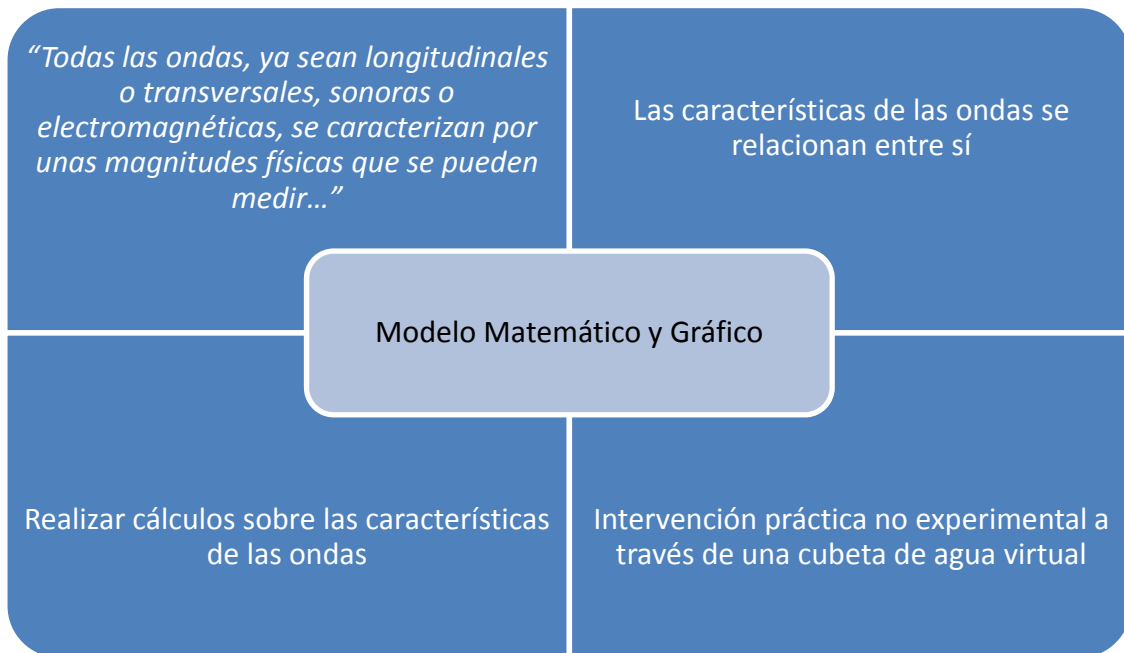
Junto a esto, el libro propone al alumno una actividad de las que denominamos “no experimental” porque consiste en generar una onda dando un golpe en una cubeta de agua virtual pudiendo determinar la frecuencia de los golpes. Posterior a esto, el mismo libro, prosiguiendo con la animación, señala cuál es el valor de la longitud de onda y con ambos datos el alumno/lector puede calcular cuál es la velocidad de propagación de la onda generada y comprobar el resultado:



Esta serie de capturas de pantalla del libro digital 1, muestra el proceso mediante el cual se lleva a cabo la actividad, la cual en el fondo, trata el contenido de

las relaciones matemáticas entre características ondulatorias sólo que de otra forma, la que algunos podrían llamar “interactiva”, aunque para mí, la interactividad se pierde cuando es el libro el que hace todo y el alumno solo debe hacer un cálculo como el que haría para cualquier otro tipo de pregunta cuantitativa “no interactiva”.

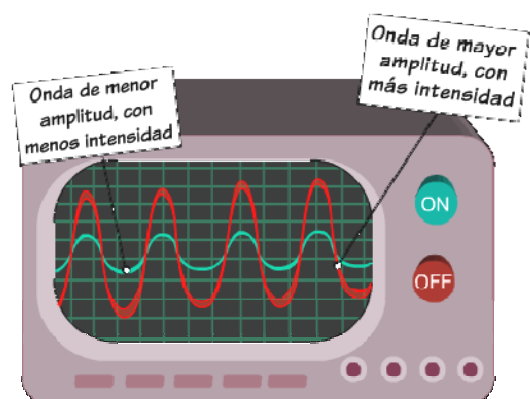
A partir de esto, podemos identificar una construcción semiótica como ésta:



Del mismo modo, al tratar el tema del sonido, también se reconoce que éste tiene características propias que son la intensidad, el tono y el timbre, las cuales son representadas a través de gráficas que permiten distinguirlas y compararlas. Es por esto que, en este caso y a pesar de las explicaciones que de los conceptos se den, predominan las representaciones gráficas para interpretarlos.

Cada una de dichas características es representada de manera gráfica a través de la captura de un osciloscopio, que permite hacer comparaciones entre diferentes curvas.

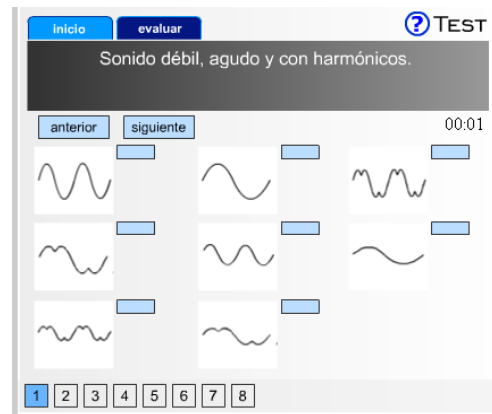
Las gráficas no muestran ejes coordenados por lo que las comparaciones se



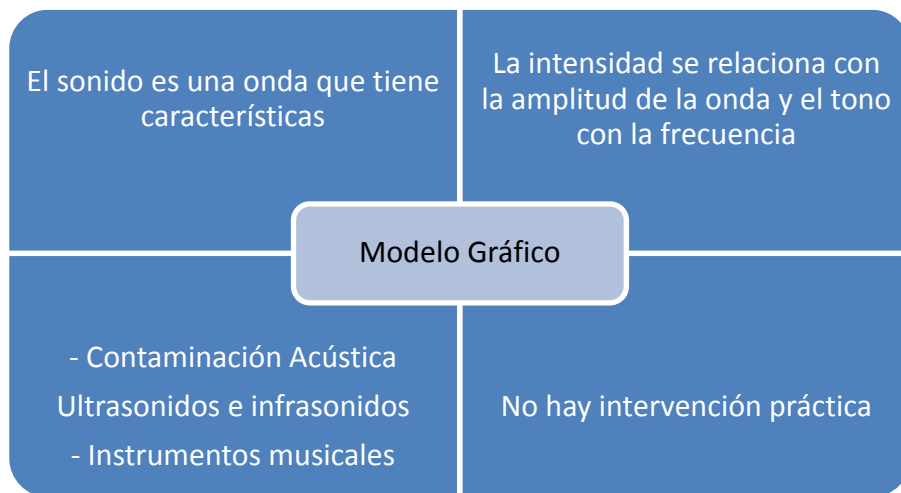
hacen sólo en base a los dibujos o estimaciones.

En este punto, el libro conecta con la realidad a través de la música, los instrumentos musicales y planteando problemáticas como la contaminación acústica, pero todo ello queda a un nivel teórico desarrollado por el libro sin posibilidad de que el alumno intervenga.

Finalmente la pregunta que sobre el tema se plantea en el “cuaderno de ejercicios” refuerza la interpretación gráfica y cualitativa de las cualidades del sonido.



De este modo el constructo semiótico para las cualidades del sonido queda elaborado en torno a un modelo gráfico, como indica el siguiente diagrama:



R3: Refracción, polarización y dispersión son fenómenos atribuirles a la luz y sus características.

Cuando el libro nos habla de la luz comienza planteándonos su naturaleza dual, pero deja claro que para su estudio se considerará como una onda electromagnética y no una partícula.

¿QUÉ ES LA LUZ?

LA LUZ SIEMPRE HA DESPERTADO LA CURIOSIDAD DE LOS CIENTÍFICOS. SE HAN PROPUESTO MUCHAS TEORÍAS PARA EXPLICARLA, PERO, ESENCIALMENTE, EL DEBATE HA SIDO SIEMPRE SI ESTÁ FORMADA POR ONDAS O POR PARTÍCULAS.

EL SIGLO XIX CULMINÓ CON LA TEORÍA DEL FÍSICO ESCOCÉS JAMES CLERK MAXWELL, QUE DESCRIBÍA CON GRAN ELEGANCIA LA LUZ COMO UNA ONDA ELECTROMAGNÉTICA.

La luz se comporta como una onda electromagnética

Pero la luz también se comporta como un haz de partículas

SIN EMBARGO, A PRINCIPIOS DEL SIGLO XX, EL FÍSICO ALEMÁN MAX PLANCK INDICÓ QUE LA LUZ TAMBIÉN SE COMPORTABA COMO SI ESTUVERA FORMADA POR PARTÍCULAS.

A PARTIR DE LOS TRABAJOS DE PLANCK, ENCONTRÉ LA EXPLICACIÓN A UN FAMOSO EXPERIMENTO, EL EFECTO FOTOELÉCTRICO, QUE DEJABA BIEN CLARO QUE LA LUZ SE PODÍA COMPORTAR COMO UN HAZ DE PARTÍCULAS. PARA ESTA EXPLICACIÓN, Y NO POR LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD, RECIBÍ EL PREMIO NOBEL DE FÍSICA EN EL AÑO 1921.

“ No sabemos que es la luz! ¿Lo único que podemos decir es que en función de las circunstancias se comporta como una onda EM o como partículas!

En este capítulo estudiaremos la luz y los fenómenos que produce, entendiéndola como una onda electromagnética”

Sin perder de vista que la luz es una onda y que en el libro se estudiará como tal, se recurre a otras representaciones y modelos interpretativos para hablar de sus fenómenos y propiedades como por ejemplo, el modelo geométrico donde la luz se representa como un rayo, para hablar de la refracción.

Que la luz cambie de velocidad al cambiar de medio de propagación es un hecho que el libro da como verdadero y que sirve de base para formular en términos matemáticos la llamada ‘Ley de Snell’ así como para introducir el concepto de ‘índice de refracción’ que es considerado una “propiedad de los materiales”

“El hecho de que la luz se propague con velocidades diferentes en medios diferentes, permite definir una propiedad de los materiales llamada índice de refracción”

Representación matemática del índice de refracción

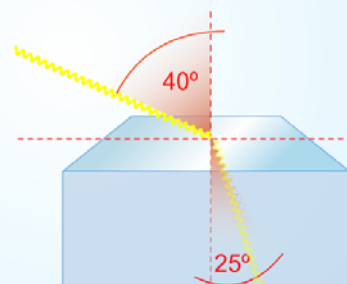
EL HECHO DE QUE LA LUZ SE PROPAGUE CON VELOCIDADES DIFERENTES EN MEDIOS DIFERENTES, PERMITE DEFINIR UNA PROPIEDAD DE LOS MATERIALES LLAMADA **ÍNDICE DE REFRACCIÓN**. ESTE ÍNDICE NO ES MÁS QUE LA RELACIÓN ENTRE LA VELOCIDAD DE LA LUZ EN EL VACÍO (c) Y EN EL MEDIO (v):

$$n = \frac{c}{v}$$

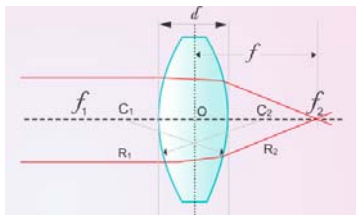
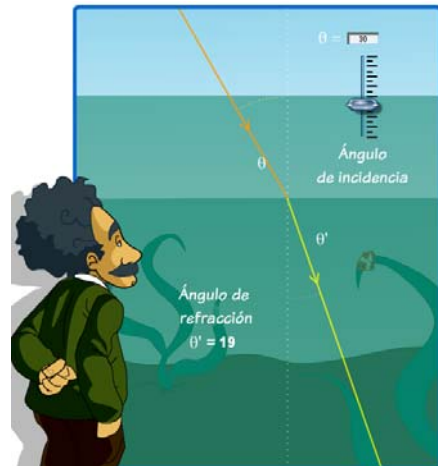
EL CAMBIO DE DIRECCIÓN QUE EXPERIMENTA UN RAYO DE LUZ AL CAMBIAR DE MEDIO DEPENDE DE LOS ÍNDICES DE REFRACCIÓN DE LOS DOS MEDIOS ATRAVESADOS:

- SI EL ÍNDICE DEL SEGUNDO MEDIO ES MAYOR QUE EL DEL PRIMERO, EL RAYO SE ACERCA A LA NORMAL.
- SI EL ÍNDICE DEL SEGUNDO MEDIO ES MENOR QUE EL DEL PRIMERO, EL RAYO SE ALEJA DE LA NORMAL.

LA CONOCIDA LEY DE SNELL EXPLICA CÓMO CALCULAR MATEMÁTICAMENTE LA RELACIÓN ENTRE LOS ÁNGULOS INCIDENTE Y REFRACTANTE, EN FUNCIÓN DE LOS ÍNDICES DE REFRACCIÓN DE CADA MEDIO.

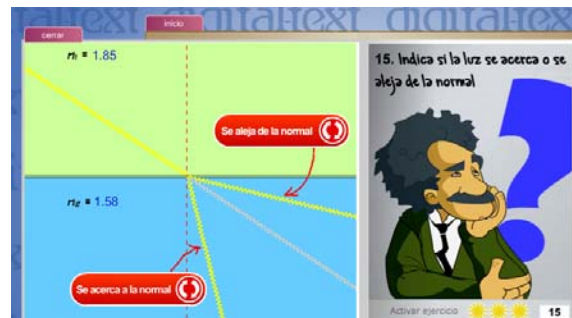


En este punto se incorpora una animación que permite al alumno modificar valores del ángulo de incidencia de un rayo de luz sobre el agua, para observar cómo cambia el ángulo de refracción y la desviación de la luz.



Finalmente se habla de los tipos de lentes y la formación de imágenes haciendo uso del modelo geométrico.

Para aplicar lo aprendido sobre el tema, en cuanto a desviación de rayos se refiere, se pide al alumno en el “cuaderno de ejercicios” que identifique el camino que debe seguir un haz de luz al cambiar de medio considerando los valores de sus índices de refracción.

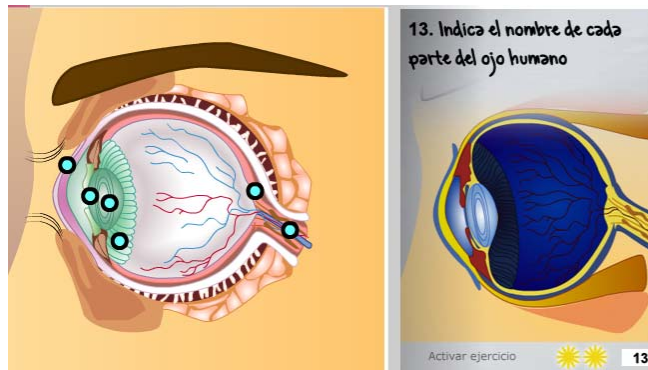


Posterior a esto se habla sobre el “ojo humano”, explicando en qué consiste el proceso de visión y dónde el cristalino actúa como una lente convergente que refracta la luz.

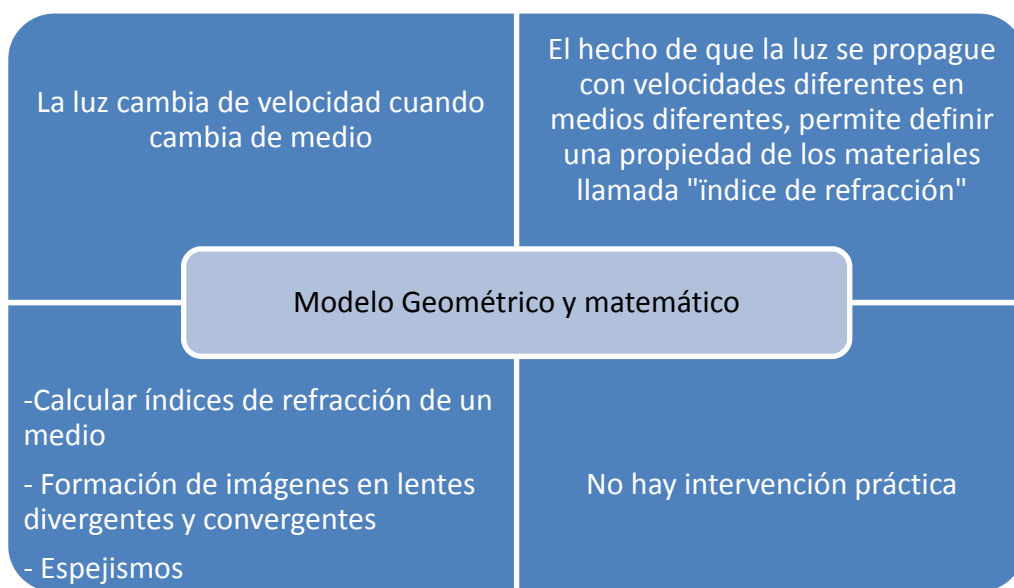
“El ojo es un complejo sistema que traduce la luz que le llega a impulsos nerviosos que son interpretados por el cerebro como imágenes”



En el “cuaderno de ejercicios” se propone como actividad identificar las partes del ojo humano pero no se plantean preguntas en torno al proceso de visión en sí.

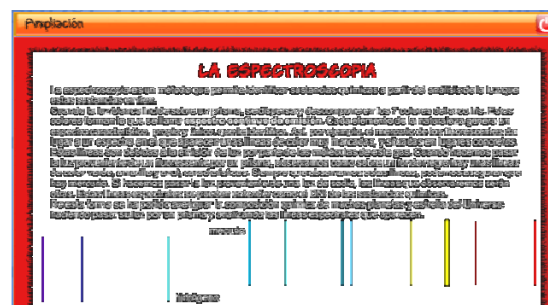


A partir de esto, la construcción semiótica identificada para el caso de la refracción de la luz queda del siguiente modo:



Una vez tratado el fenómeno de la refracción, se habla de otro fenómeno relacionado que es la Dispersión. Esta vez considerando la luz como una onda, se parte del hecho de que no todas se refractan de la misma manera dada sus características, y en el caso de la luz visible, dado que está compuesta por ondas de diversas frecuencias se produce el fenómeno llamado "Dispersión" cuando atraviesa ciertas superficies.

En este caso el libro conecta con aspectos del mundo real, como por ejemplo, una lectura de "Ampliación" sobre la espectroscopia, para ejemplificar casos

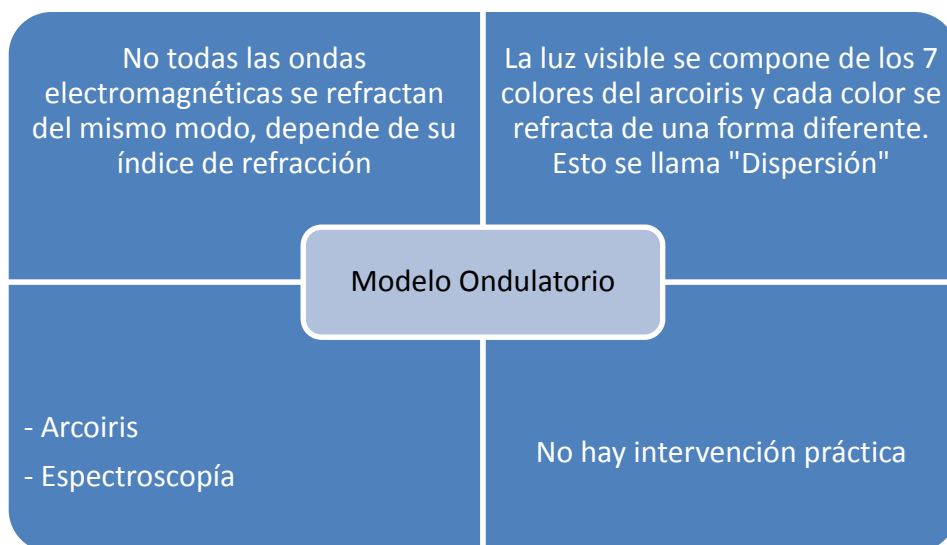


donde se observa el fenómeno, pero no se proponen actividades o intervenciones prácticas para que el alumno realice dicha conexión.

Llama la atención en la imagen utilizada para hablar de la dispersión de la luz a través de un prisma, la representación dada a la luz solar, de forma sinusoidal, que al pasar por el prisma se transforma en un abanico de colores, compuesto de algo que se podría considerar diversos haces de luz junto. No hay alusión a dicho cambio ni aclaración al respecto pudiendo dar paso a confusiones o interpretaciones erróneas sobre el fenómeno, como por ejemplo, ¿es diferente la luz que entra por el prisma de la que sale de él? Si es esta la idea que se pretende transmitir con tal representación, ¿cuáles serían las diferencias?



A partir de esto, identificamos una nueva construcción semiótica, esta vez para el caso de la dispersión:



El siguiente fenómeno mencionado es la Polarización. En este punto se hace hincapié en el hecho de que un rayo de luz está formado por muchas ondas (modelo ondulatorio), y es por esto entonces que la luz se puede separar y polarizar.

“En general, un rayo de luz no está formado por una sola onda sino por muchas ondas que vibran en direcciones

POLARIZACIÓN DE LA LUZ

LA LUZ QUE EMITE EL SOL, LA QUE PROVIENE DE UNA LLAMA O DE UNA BOMBILLA ES MUCHO MÁS COMPLEJA QUE UNA SIMPLE ONDA COMO LAS QUE HEMOS ESTUDIADO HASTA AHORA. EN GENERAL, UN RAYO DE LUZ NO ESTÁ FORMADO POR UNA SOLA ONDA SINO POR MUCHAS ONDAS QUE VIBRAN EN DIRECCIONES DIFERENTES Y CON AMPLITUDES DIFERENTES.

HAY SISTEMAS, LOS POLARIZADORES, QUE PERMITEN SELECCIONAR UNA SOLA DE LAS ONDAS QUE FORMAN EL RAYO Y OBTENER UN RAYO FORMADO POR UNA SOLA ONDA. ESTE PROCESO SE LLAMA POLARIZACIÓN DE LA LUZ Y LA LUZ RESULTANTE ES, POR LO TANTO, LUZ POLARIZADA.

EL CONCEPTO DE POLARIZACIÓN ES IMPORTANTE EN EL MUNDO DE LA FOTOGRAFÍA Y EN EL FUNCIONAMIENTO DE ALGUNOS SERES VIVOS.

A estas alturas del desarrollo del capítulo, donde las ondas y, puntualmente en este caso, la luz, han sido consideradas rayos independientes y aislados, se incorpora la idea de que un rayo está formado por muchas ondas diferentes entre sí. La representación utilizada para mostrar esta idea es bastante confusa en cuanto a interpretaciones se refiere, dado que no incorpora ningún tipo de información que pueda servir de referencia para entenderla, como por ejemplo, el sentido de la “propagación de las ondas”: ¿Es la onda polarizada la que atraviesa aquel supuesto polarizador (no especificado) y que se convierte en muchas ondas dispersas? O ¿son varias ondas las que llegan al ‘recuadro azul claro’ y salen convertidas en una sola onda polarizada?

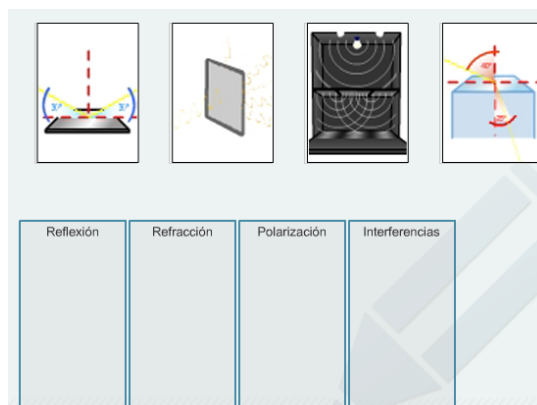
Sin ir más lejos, ¿Por qué en la imagen superior la onda polarizada es recta y en la inferior es sinusoidal? Este tipo de cosas hace parecer que la representación en sí no importa si la idea de que la onda ‘se transforma’ queda clara. Pero el alumno que sin mayor conocimiento ve esto, ¿qué puede interpretar?, ¿Realmente no importa cómo se represente la onda?, ¿nos podemos permitir mostrar el mismo fenómeno con representaciones que pretenden ser iguales pero muestran ideas diferentes?

Hasta ahora, un descuido como este no había sido tan evidente pero es importante destacarlo para darnos cuenta de la importancia que tiene 'jugar' con imágenes que en el fondo parecen constituir el hecho mismo.

Para este caso, la formación semiótica se corresponde con el siguiente diagrama:



Finalmente, para aplicar lo tratado en el capítulo se plantea en el "cuaderno de ejercicios" una actividad que busca el reconocimiento de cada fenómeno con la representación correspondiente, en otras palabras, el fenómeno pasa a ser el modelo con su representación y el alumno solo debe identificarlo.



Creo que una actividad como ésta deja en evidencia la importancia que se dan a las representaciones en la enseñanza de los contenidos. De este modo cabe preguntarse si de todo lo que el libro ha tratado sobre los fenómenos ondulatorios hasta ahora, ¿son las representaciones lo único, o al menos, lo más importante que el alumno debe recordar? Dejo abierta la discusión.

R4: Tanto el sonido como la luz se pueden reflejar e interferir. Reflexión e interferencia son fenómenos ondulatorios atribuibles a ambos tipos de onda.

En este caso el libro parte del hecho de que todas las ondas se pueden reflejar, lo cual implica que el sonido y la luz también porque son clases de onda.

En el caso del sonido, el mejor ejemplo de este hecho es el eco, y una animación se encarga de mostrar como un sonido representado por frentes de onda semicirculares, se propaga por el aire hasta rebotar contra la roca de la imagen. El eje de valores que aparece en la parte inferior no es mencionado en ningún momento, ni se realiza cálculo alguno lo que hace suponer que está puesto ahí para que el alumno tenga algún tipo de referencia.

REFLEXIÓN DEL SONIDO. ECO Y REVERBERACIÓN

COMO TODAS LAS ONDAS, EL SONIDO SE PUEDE REFLEJAR CUANDO INCIDE SOBRE UNA SUPERFICIE. CUANDO BRITAMOS DELANTE DE LA PARED DE UNA MONTAÑA, POR EJEMPLO, PODEMOS VOLVER A OIR NUESTRO PROPIO BRITO. CUANDO HABLAMOS EN EL INTERIOR DE UNA HABITACIÓN VACÍA, LA VOZ TAMBIÉN REBOTA EN LAS PAREDES, PERO NUESTRO OÍDO NO LO PERCIBE DE LA MISMA MANERA.

DEPENDIENDO DE LA DISTANCIA A LA SUPERFICIE REFLECTORA, EL OÍDO HUMANO APRECIA DOS FENÓMENOS DIFERENTES: EL ECO Y LA REVERBERACIÓN. LA REVERBERACIÓN SE PRODUCE CUANDO EL SONIDO SE REFLEJA EN UN OBSTÁCULO CERCANO (INFERIOR A 17 METROS), DE MANERA QUE EL OÍDO HUMANO NO PUEDE SEPARAR COMPLETAMENTE EL SONIDO EMITIDO DEL REFLEJADO.

EL ECO, EN CAMBIO, SE PRODUCE CUANDO EL OBSTÁCULO SE ENCUENTRA LEJOS, DE MANERA QUE EL OÍDO PUEDE SEPARAR EL SONIDO INICIAL DEL REFLEJADO.

ACTIVAR

“Cómo todas las ondas el sonido se puede reflejar cuando incide sobre una superficie”

Se ha producido eco

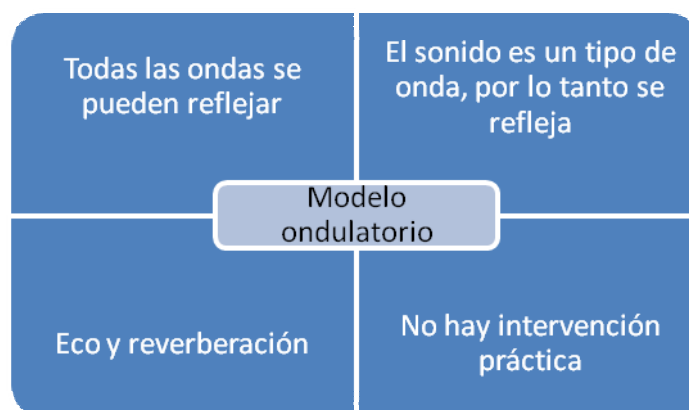
Frente de onda

En el caso de las preguntas que sobre este fenómeno se plantea encontramos una pregunta de tipo ejercicio cuantitativo, donde se deben aplicar las relaciones matemáticas correspondientes entre las variables implicadas, pero llevadas al contexto que el tema requiere:

Sabiendo que la velocidad del sonido dentro del agua es de 1500 m/s ¿a qué profundidad se encuentra el fondo del mar si han pasado 8.54 segundos desde que los ultrasonidos emitidos por la sonda del barco han salido, se han reflejado en el fondo y han vuelto al barco?



El constructo semiótico correspondiente entonces con el caso de la reflexión del sonido es el siguiente:

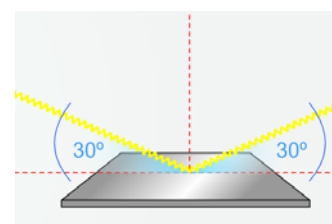


En el caso de la luz, se recurre a una representación geométrica de rayos para indicar cómo la luz se refleja sobre las superficies.

“La reflexión de la luz es el cambio de dirección que experimentan los rayos luminosos al encontrarse un cambio de medio, siempre y cuando este cambio de dirección redirija los rayos hacia el medio inicial”

Aunque la imagen no muestra exactamente rayos, la explicación habla de ellos. Esta imagen es de tipo dinámica, muestra un haz de luz que entra por la izquierda hasta la superficie inferior con una inclinación de 30° y prosigue su camino hacia la derecha reflejándose con la misma inclinación

Con ayuda de la imagen explicativa se enuncia la ley de la reflexión:



“En la reflexión, el ángulo que forma el rayo con la perpendicular a la superficie, es el mismo que el que forma el rayo reflejado”

Prosigue el tema de la reflexión de la luz con la formación de imágenes en espejos planos, para lo cual se incorpora una sencilla animación la cual el lector debe “activar”.

REFLEXIÓN EN ESPEJOS

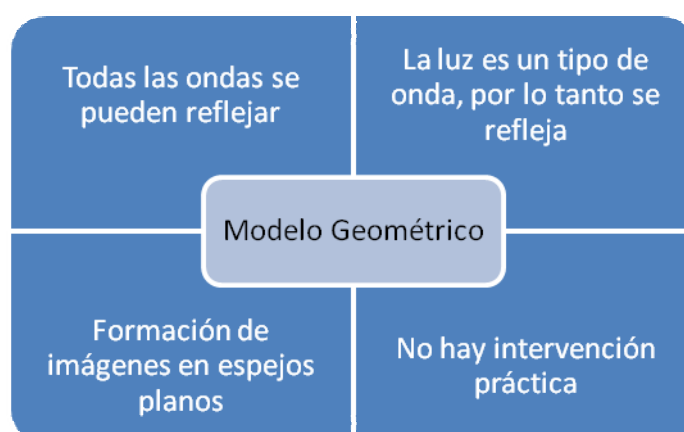
LOS ESPEJOS PLANOS REFLEJAN LA LUZ DE LOS OBJETOS Y REPRODUCEN SU IMAGEN EN EL OTRO LADO DEL ESPEJO. ESTA IMAGEN SE LLAMA VIRTUAL.

EN REALIDAD, LO QUE SUCEDE CUANDO UN OBJETO SE REFLEJA EN UN ESPEJO, ES QUE EL CEREBRO HUMANO INTERPRETA LA TRAYECTORIA DE LOS RAYOS COMO SI VINIERAN DEL OTRO LADO DEL ESPEJO, REPRODUCIENDO ASÍ DE FORMA SIMÉTRICA LAS DIMENSIONES DEL OBJETO.

“En realidad lo que sucede cuando un objeto se refleja en un espejo, es que el cerebro humano interpreta la trayectoria de los rayos como si vinieran del otro lado del espejo, reproduciendo así de forma simétrica las dimensiones del objeto”

La animación (imagen dinámica) muestra que al girar el espejo hay una imagen detrás del espejo que corresponde a la imagen virtual del personaje que se observa en él. Posterior a esto no se trata más el tema de la formación de imágenes en espejos, ni planos ni curvos, lo que considero importante para buscar más aplicaciones del tema en el mundo real.

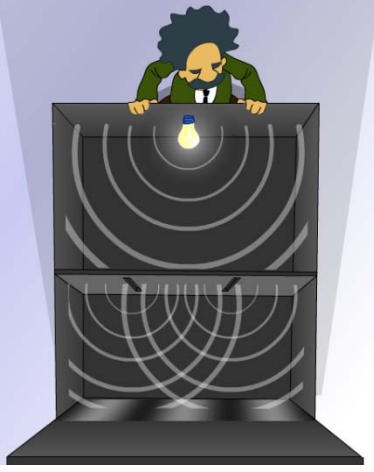
De este modo, la construcción semiótica para la reflexión de la luz se centra en un modelo geométrico, tal como se indica en el siguiente diagrama:



En el caso de la interferencia, el libro plantea que tanto la luz como el sonido pueden interferir siendo este un fenómeno visto desde un punto de vista ondulatorio y que encuentra aplicación teórica en el ruido por parte de las ondas sonoras.

La representación que se utiliza en este apartado, muestra frentes de onda luminosa sucesivos que al interferir provocan zonas claras y oscuras sobre una pantalla.

“Seguro que en más de una ocasión habrás oído a diversas personas hablando a la vez y no has podido



INTERFERENCIAS

SEGURO QUE EN MÁS DE UNA OCASIÓN HABRÁS OÍDO A DIVERSAS PERSONAS HABLANDO A LA VEZ Y NO HAS PODIDO ENTENDER QUÉ DECÍA CADA UNA. O TAMBIÉN HABRÁS OÍDO RUIDOS MIENTRAS HABLABAS POR TELÉFONO. TODO ESTO SE PRODUCE A CAUSA DE UNO DE LOS FENÓMENOS MÁS CARACTERÍSTICOS DE LAS ONDAS: LAS INTERFERENCIAS.

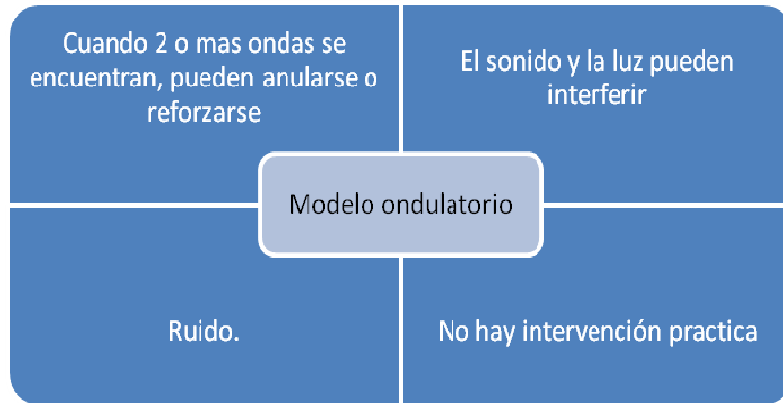
CUANDO DOS O MÁS ONDAS SE ENCUENTRAN EN UN CIERTO ESPACIO, SE PRODUCE UNA COMBINACIÓN DE TODAS LAS VIBRACIONES QUE PUEDE DAR LUGAR A EFECTOS SORPRENDENTES. LAS ONDAS QUE COINCIDEN PUEDEN LLEGAR A COMBINARSE DE TAL MANERA QUE EN ALGUNOS PUNTOS DE LA PANTALLA PAREZCA QUE SE AMPLIFIQUE LA VIBRACIÓN Y EN OTROS PUNTOS SE CANCELAN.

LOS INGENIEROS DE SONIDO, POR EJEMPLO, CONTROLAN ESTE FENÓMENO PARA DISEÑAR LOS AUDITORIOS PARA CONSEGUIR QUE SE OIGA LO MEJOR POSIBLE LA MÚSICA EN CADA BUTACA.

EN EL CASO DE LA LUZ, LA INTERFERENCIA SE MANIFIESTA COMO MANCHAS OSCURAS Y ZONAS CLARAS.

“Cuando dos o más ondas se encuentran en un cierto espacio, se produce una combinación de todas las vibraciones que puede dar lugar efectos sorprendentes”

No se proponen aplicaciones prácticas en este tema, por lo que la conexión con el mundo queda solo a base de ejemplos, en el que el ruido para ser el más claro y evidente ya que al hablar de la interferencia de la luz, el libro se limita a mencionar que se producen zonas claras y oscuras pero eso queda a un nivel de abstracción tal que es el alumno el encargado de buscar ejemplos de esto en el mundo real para comprobar las ideas. Todo esto se aprecia claramente en el siguiente diagrama:



C3: La luz es una clase de onda electromagnética.

Este libro expone ideas sobre la naturaleza dual de la luz pero deja claro que en este caso (este capítulo) se considerará como una onda electromagnética.

Bajo el título “¿Qué es la luz?” se presentan ideas sobre el histórico debate por la naturaleza de la luz, y las imágenes utilizadas en este caso corresponden a dos científicos que defienden sus posturas, cada una representada por pelotas (partículas) o por curvas sinusoidales (ondas). Este tipo de imágenes puede pretender mostrar a los científicos como personas activas y participativas, y por primera vez en el desarrollo del capítulo, se hace referencia a un desarrollo histórico de las teorías con carácter humano ya que surge de las discusiones entre científicos que han tenido lugar a lo largo de la historia.

¿QUÉ ES LA LUZ?

LA LUZ SIEMPRE HA DESPERTADO LA CURIOSIDAD DE LOS CIENTÍFICOS. SE HAN PROPUESTO MUCHAS TEORÍAS PARA EXPLICARLA, PERO, ESENCIALMENTE, EL DEBATE HA SIDO SIEMPRE SI ESTÁ FORMADA POR ONDAS O POR PARTÍCULAS.

EL SIGLO XIX CULMINÓ CON LA TEORÍA DEL FÍSICO ESCOCÉS JAMES CLERK MAXWELL, QUE DESCRIBÍA CON GRAN ELEGANCIA LA LUZ COMO UNA ONDA ELECTROMAGNÉTICA.



SIN EMBARGO, A PRINCIPIOS DEL SIGLO XX, EL FÍSICO ALEMÁN MAX PLANCK INDICÓ QUE LA LUZ TAMBIÉN SE COMPORTABA COMO SI ESTUVERA FORMADA POR PARTÍCULAS.

A PARTIR DE LOS TRABAJOS DE PLANCK, ENCONTRÉ LA EXPLICACIÓN A UN FAMOSO EXPERIMENTO, EL EFECTO FOTOELÉCTRICO, QUE DEJABA BIEN CLARO QUE LA LUZ SE PODÍA COMPORTAR COMO UN HAZ DE PARTÍCULAS. PARA ESTA EXPLICACIÓN, Y NO POR LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD, RECIBÍ EL PREMIO NOBEL DE FÍSICA EN EL AÑO 1921.

Sobre esto resulta muy interesante destacar la forma como el libro hace referencia a este tema, porque imita lo que sería un razonamiento:

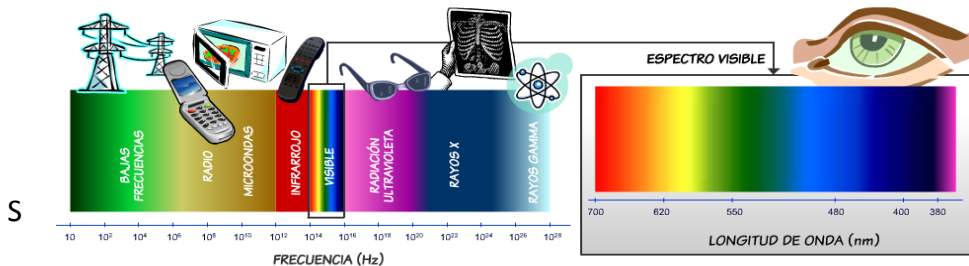
“Así pues ¿en qué quedamos?, ¿onda o partícula? Mmmm... si se ha comprobado con experimentos que algunas veces la luz se comporta como una onda electromagnética y otras veces como un haz de partículas.... Mmmm.... Y, además, hay teorías bien sólidas que explican uno y otro comportamiento... mmmm... esto significa que... ¡No sabemos qué es la luz! ¡Lo único que podemos decir es que en función de las circunstancias se comporta como una onda electromagnética o como partículas!”

EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

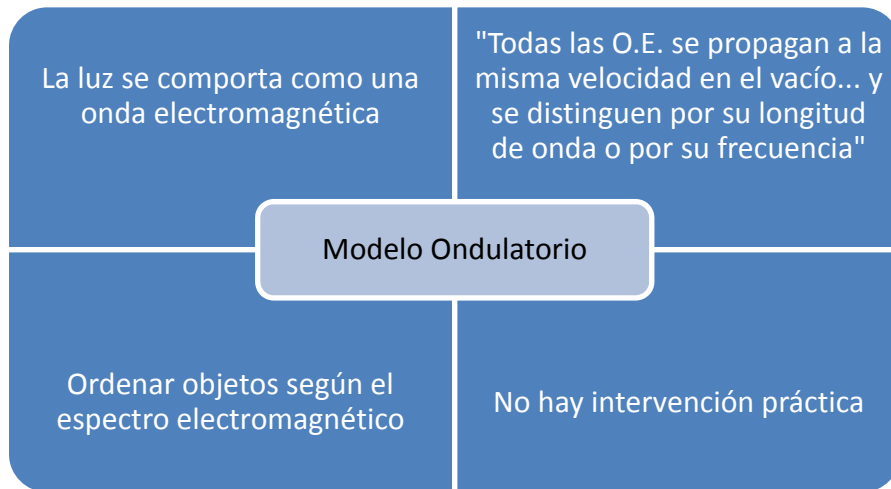
AUNQUE CUANDO NOS REFERIMOS A LA LUZ PENSAMOS EN LO QUE VEMOS CON NUESTROS OJOS, EL CONCEPTO DE LUZ ES MÁS GENERAL: SE REFIERE A TODO EL CONJUNTO DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS, UN ABANICO MUCHO MÁS VISIBLE QUE LA LUZ VISIBLE.

TODAS LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS SE PROPAGAN A LA MISMA VELOCIDAD EN EL VACÍO ($3 \cdot 10^8$ m/s) Y SE DISTINGUEN POR SU LONGITUD DE ONDA O POR SU FRECUENCIA. TODO ESTE ABANICO DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS SE CONOCE COMO EL **ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO DE LA LUZ**.

DE TODO ESTE ESPECTRO, EL OJO HUMANO SOLAMENTE ES SENSIBLE A LAS ONDAS CON LONGITUDES DE ONDA COMPRENDIDAS ENTRE 380 Y 780 NANÓMETROS APROXIMADAMENTE.



e aprecia entonces que las ideas están organizadas según el siguiente constructo semiótico:



Podemos resumir, finalmente, que el libro presenta el contenido según los siguientes modelos interpretativos de la realidad como se muestran en la siguiente tabla:

| Conceptos / Fenómenos | MIR | | | | |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Gra | Mec | Geo | Ond | Mat |
| Propagación de las ondas | | X | | | |
| Características de las ondas | X | | | | X |
| Cualidades del sonido | X | | | | |
| Refracción de la luz | | | X | | X |
| Dispersión de la luz | | | | X | |
| Polarización de la luz | X | | | | |
| Reflexión del sonido | | | | X | |
| Reflexión de la luz | | | X | | |
| Interferencia de la luz y el sonido | | | | X | |
| Ondas electromagnéticas | | | | X | |

Este libro también utiliza los cinco MIR para hablar de aspectos diferentes de las ondas, pero no establece las conexiones necesarias entre ellos tal como se ha podido ver en el análisis detallado. En cada caso, el modelo o representación es utilizado de

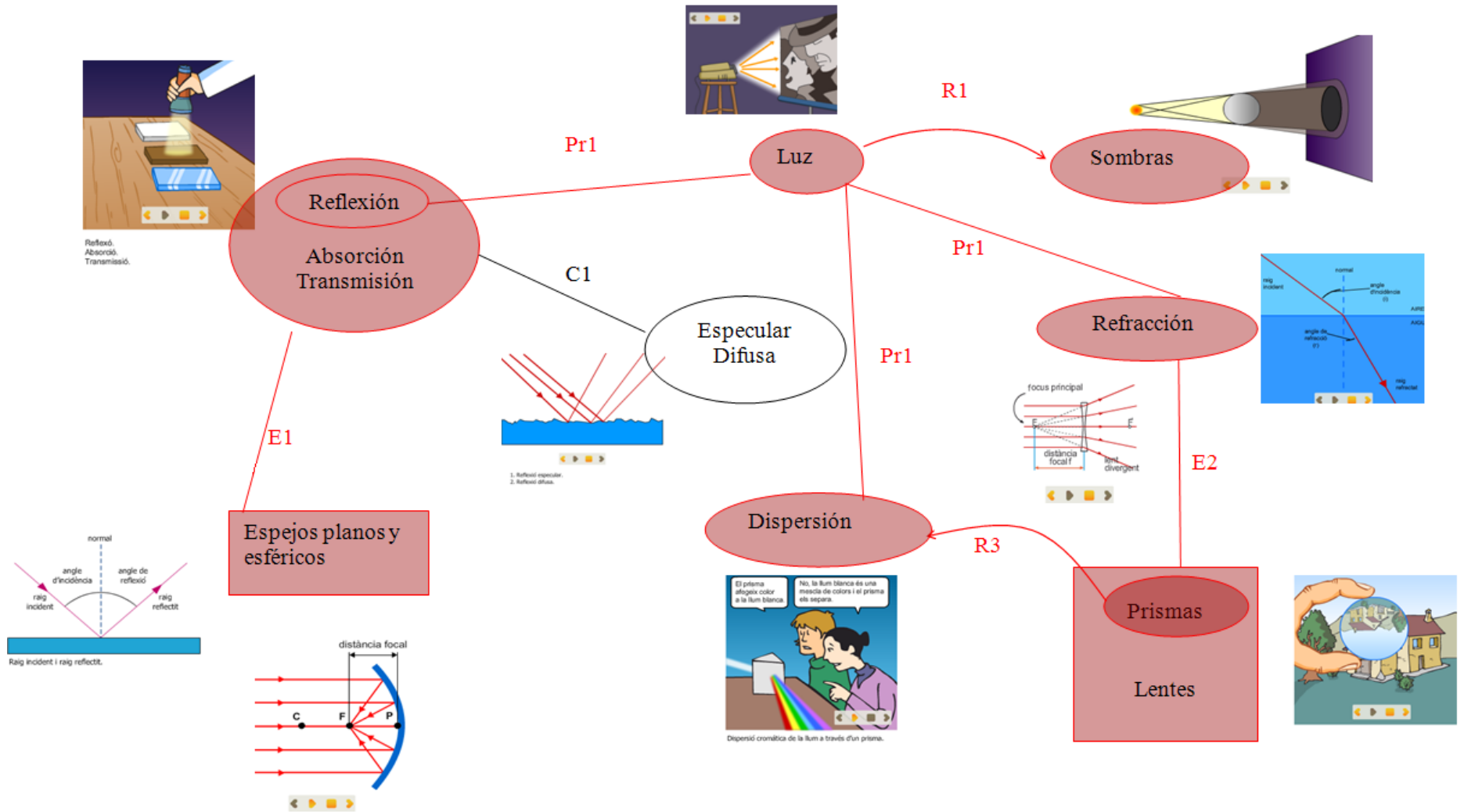
manera arbitraria adquiriendo más bien carácter de ejemplo y pareciera ser esa la justificación implícita para no hacer especificaciones entre uno u otro modelo.

5.2.4 Libro Digital 2

Tal y como se explicó en el capítulo 4 de los datos, el libro digital 2 trata el contenido de luz y sonido en capítulos separados. A pesar de que los datos puedan ser tratados en conjunto, las redes conceptuales se han construido por separado debido a que ambas incluyen conceptos diferentes encontrando solo un término común que es la Reflexión. En ambos capítulos se habla del fenómeno como una propiedad atribuible al sonido o a la luz, pero sin generalizar en la idea de que sea un fenómeno que ocurre con todas las ondas en general, por lo que no es posible realizar una conexión concreta entre ambas redes construir una sola general.

Se presentan a continuación la interpretación realizada a ambos capítulos del libro por separado, pero no se debe perder de vista que se trata de un mismo libro.

A) Capítulo 7: La luz



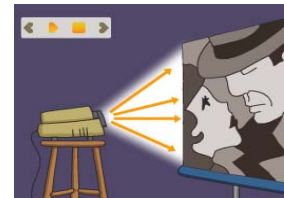
R1: La luz viaja en línea recta. Las sombras se producen porque se interrumpe el paso de la luz.

Se comienza del hecho de que la luz viaja en línea recta, lo cual permite predecir que al interponer objetos delante de cualquier fuente de luz, el paso de ésta se interrumpe y se forman sombras.

“Hay una serie de hechos que nos hacen pensar que la luz viaja en línea recta. Por ejemplo, el contorno recto de un rayo de luz, las sombras que producen los cuerpos opacos y los eclipses”

Se introduce en este punto la concepción de “rayo” como líneas rectas (una flecha) que permiten indicar la dirección en que viaja la luz, a partir de lo cuál el libro utiliza esta representación para otros fenómenos.

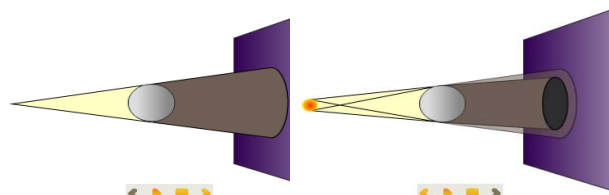
Aparece como un hecho que justifica la idea de propagación rectilínea de la luz, los límites de un haz de luz provenientes de un proyector hacia una pantalla. En este caso, se puede visualizar dicho ejemplo a través de una imagen dinámica que muestra como la luz sale desde el proyector y los rayos que sobre él se dibujan indican la dirección de propagación de la luz y su carácter rectilíneo.



Posterior a esto y bajo el título *¿Cómo se forman las sombras?* Se habla de este otro ejemplo utilizado para justificar la idea de propagación rectilínea de la luz. La pregunta planteada a modo de título, no da pie a discusión alguna ya que el libro se encarga de responder a ella de inmediato, por lo que no se considera una pregunta con algún fin retórico en particular.

A través de una segunda imagen dinámica, se expone lo siguiente:

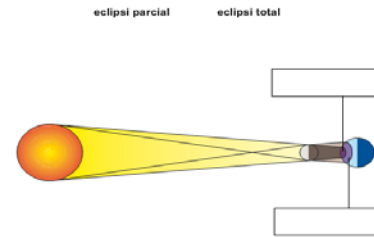
“Si la fuente puntual se reemplaza por una fuente extensa, como una luz de mesa, entonces el contorno de la sombra se difumina”



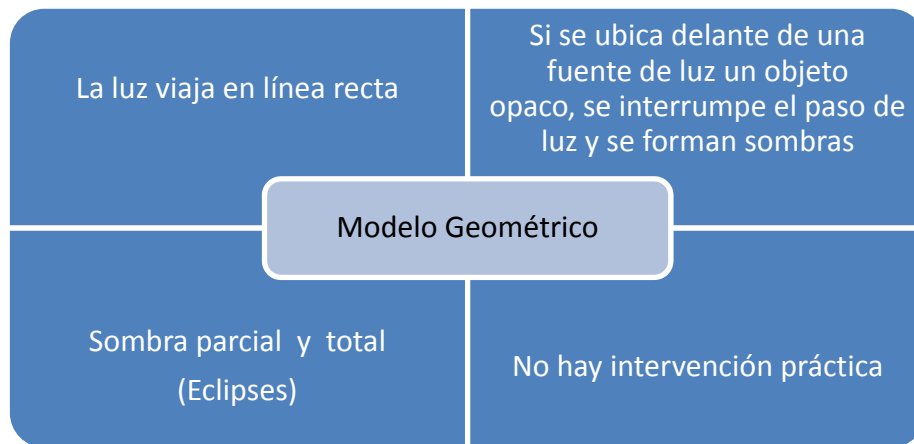
1. Ombra total deguda a una font il·luminosa puntual.
2. Ombres total i parcial degudes a una font extensa.

A partir de esto se distingue lo que es una sombra parcial de una total, pero no se profundiza en las explicaciones de por qué ocurre esto, a qué se debe esta distinción. Que la sombra cambie porque cambia la fuente de luz es algo que se debe dar por entendido sin posibilidad de cuestionarlo.

Al final del capítulo se puede aplicar la idea de propagación rectilínea de la luz y la formación de sombras, con el ejemplo del eclipse pero la aplicación solo se limita a identificar los tipos de sombra. La propagación de la luz en sí misma es aquí un hecho secundario.



Para este caso, la formación semiótica es la siguiente:



Pr1: La luz puede ser reflejada, absorbida o transmitida por diversos materiales. Del mismo modo tiene la propiedad de refractarse y dispersarse.

En este punto los fenómenos mencionados son tratados mas bien como propiedades de los materiales. Aparecen los objetos como causantes de que a la luz le ocurran ciertas “cosas” dependiendo del material.

“Cuando la luz choca con un objeto, puede pasar una de las siguientes situaciones”

3 Com es comporten els objectes quan hi incideix la llum?

Quan la llum «xoca» amb un objecte, pot passar una de les situacions següents:

De totes maneres, la majoria de vegades s'esdevenen tots tres fenòmens alhora, però en diferents proporcions.

Opacs ➤

Transparents ➤

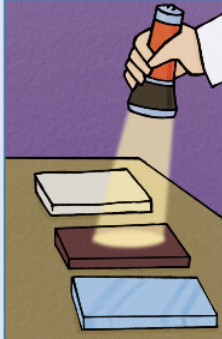
Translúcids ➤

1. Reflexió.
2. Absorció.
3. Transmissió.



Experiència

- Prediu què passarà si il·luminem amb una llanterna les superfícies que es mostren a la figura en una habitació a les fosques.
- Fes l'experiència i descriu el que observis.



En este punto el libro propone al lector realizar la experiencia similar a la indicada para comprobar que es lo que ocurre a la luz cuando incide sobre diferentes materiales realmente, estableciendo así una conexión teórico-práctica.

De un modo más específico y recurriendo a una representación geométrica de la luz, se profundiza en el fenómeno de la Reflexión y Refracción, pero ya no como propiedades de los materiales sino más bien como fenómenos que le ocurren en ciertos casos.

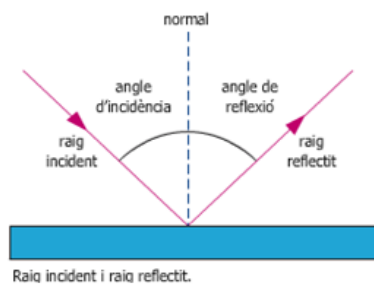
"Para indicar la dirección en que viaja la luz utilizamos líneas rectas, que llamamos rayos, a los cuales agregamos una flecha para mostrar el sentido en que se propagan"

1/2 La reflexió

Quan un raig de llum incideix en una superfície llisa, es reflecteix com s'indica a la figura.

La línia dibuixada en forma discontinua, perpendicular a la superfície en el punt d'incidència del raig, s'anomena **normal**. És respecte d'aquesta línia que s'acostumen a mesurar els angles que formen els rajos incident i reflectit. Aquests angles s'anomenen **angle d'incidència** i **angle de reflexió**.

La investigació de la pantalla següent et mostrarà que, en la reflexió sobre una superfície plana, **l'angle d'incidència i l'angle de reflexió són exactament iguals**.

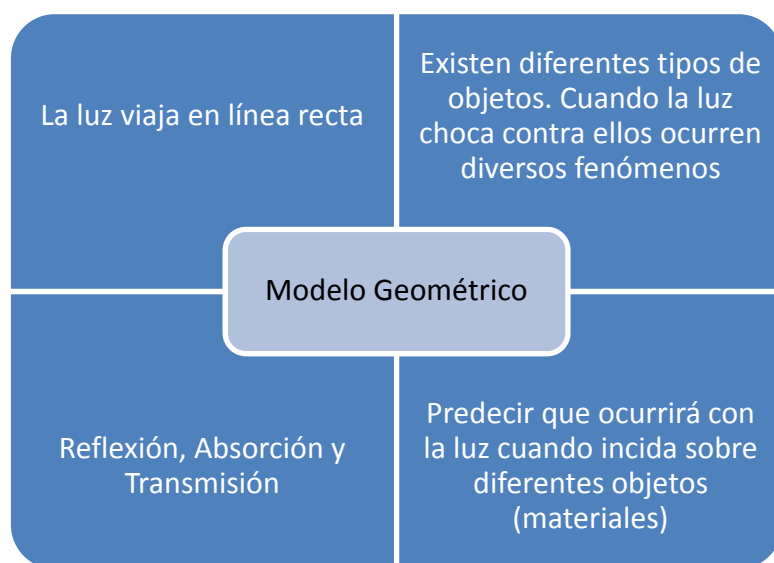


"Cuando un rayo de luz incide en una superficie lisa, se refleja como se indica en la figura"

La actividad propuesta consiste en demostrar trazando 2 rayos provenientes del objeto, como es que podemos ver su reflejo en el espejo.

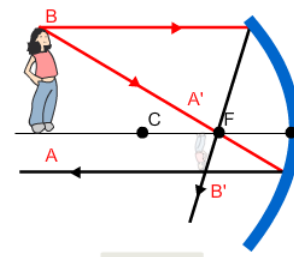


En general, el constructo semiótico queda del siguiente modo:



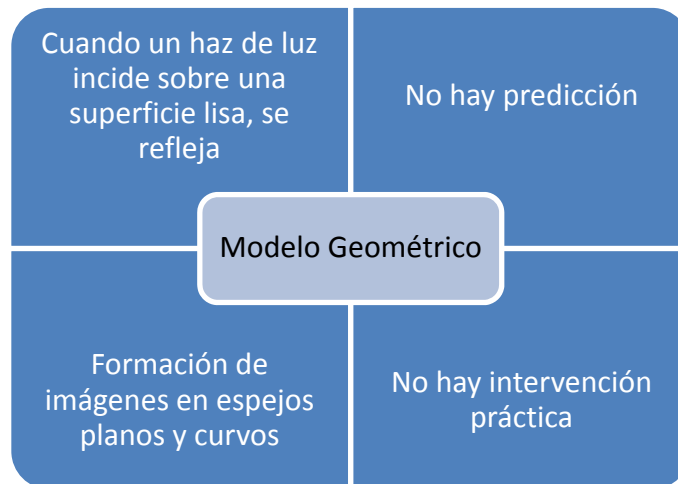
A continuación se trata la formación de imágenes en espejos **(E1)** desde un punto de vista teórico sin dar opción a una intervención práctica por parte de los alumnos.

Los diagramas de rayos que explican cómo se forma la imagen dependiendo de la posición del objeto respecto al espejo, se va formando con movimiento de los rayos saliendo desde el objeto. Con el mouse el alumno puede ir pasando a las siguientes animaciones sucesivas que muestran nuevas posiciones. Sin embargo, no se permite mayor interactividad.



Los diagramas están ya predeterminados para ciertas posiciones pero sería interesante que en este caso el libro diese paso a la interactividad y permitiese al propio alumno mover el objeto para ver cómo cambia la imagen mostrada.

En este sentido, no hay diferencia en lo que el libro digital muestra respecto a lo que se ve en cualquier libro de papel, desaprovechando así la posibilidad de aumentar la participación del alumno en el proceso en términos de interactividad. En general, la formación semiótica para el caso de la reflexión de la luz queda de la siguiente forma:



El capítulo prosigue tratando el tema de la Refracción, como un fenómeno característico de la luz (un “efecto”) que implica el desvío de su dirección de propagación y que cambia la manera como vemos las cosas.

“Se dice que el índice de refracción del agua es más grande que el del aire”

1/4 La refracció

Els rajos de llum es desvien quan travessen materials com el vidre i l'aigua. Aquest efecte s'anomena **refracció** i afecta la forma en què veiem les coses. Així, per exemple, un llapis sembla que es torci quan submergim un dels seus extrems a l'aigua, i una piscina des de fora sembla menys profunda del que és en realitat.

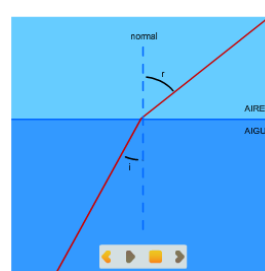
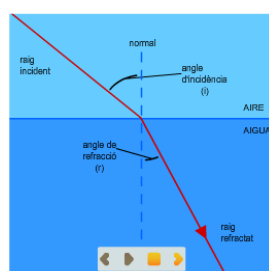
Quan un raig de llum passa **de l'aire a l'aigua**, el raig és desviat o refractat cap a la normal, de tal manera que l'angle de refracció és més petit que l'angle d'incidència. S'obté un resultat similar quan la llum passa de l'aire al vidre.

Quan un raig de llum passa **de l'aigua a l'aire**, s'esdevé el contrari, és a dir, el raig refractat és desviat i s'allunya de la normal, de tal manera que l'angle de refracció és més gran que el d'incidència. S'obté un resultat similar quan la llum passa del vidre a l'aire.

Es diu que l'**índex de refracció** de l'aigua és més gran que el de l'aire. La taula de la dreta mostra l'índex de refracció d'algunes substàncies (transparents) comunes.

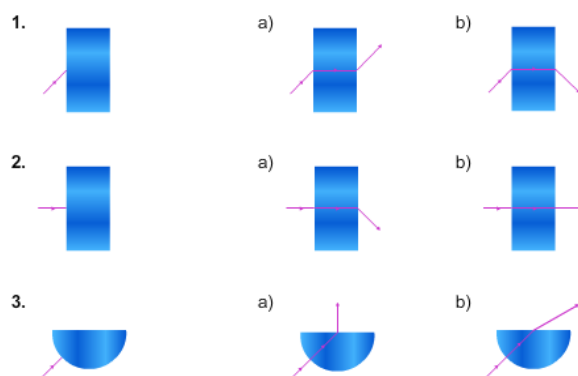
| Substància | Índex de refracció |
|---------------|--------------------|
| aigua | 1,33 |
| vidre | |
| vidre orgànic | |
| diamant | |

El libro expone como un hecho observable el desvío de la luz cuando atraviesa medios como el agua y el vidrio, y en función de esto introduce el concepto de índice de refracción, entregando algunos valores referenciales. Se expone a continuación una imagen que en primera instancia indica como es la trayectoria que sigue la luz al pasar del aire al agua. Al hacer ‘clic’ sobre ella, cambia para mostrar cómo es la trayectoria que sigue la luz cuando pasa del agua al aire.



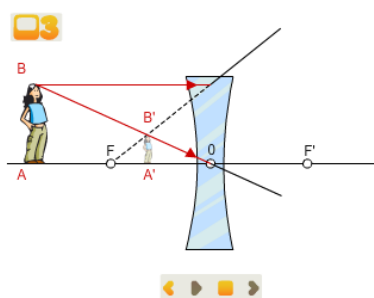
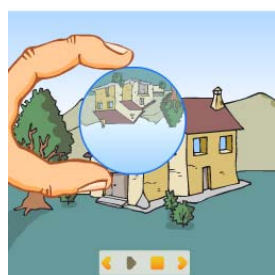
De este modo se puede predecir cómo se desviará la trayectoria de la luz dependiendo de las características del medio.

A continuación, se propone una actividad a modo de ejercicio que pide al alumno predecir “Cuál será la trayectoria correcta de los rayos en los objetos de vidrio siguientes:”



En este caso, dada la información entregada previamente sobre los índices de refracción del aire y el vidrio se puede escoger la opción correcta.

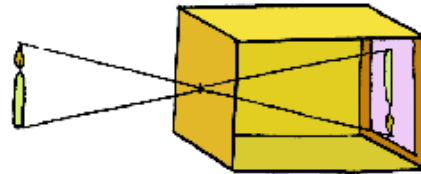
Cómo un ejemplo que permite observar los efectos de la refracción se muestran los diferentes tipos de lentes que existen y como se forman las imágenes cuando la luz pasa a través de ellos utilizando el modelo geométrico mediante diferentes diagramas de rayos



Al final del capítulo se propone a los alumnos construir una cámara oscura con cartón, tal como se indicó en la revisión de las relaciones teórico factuales, y cuyo objetivo es poder visualizar las características de las imágenes que se forman con una cámara, simulando o que ocurre con una cámara real. Del mismo modo se propone situar una lente frente a la cámara y observar que ocurre con la imagen. Este tipo de

actividades resultan interesantes desde el punto de vista de la construcción de significados ya que el libro guía las observaciones pero no las respuestas. Otras preguntas planteadas en torno a la cámara oscura son las que vemos a continuación:

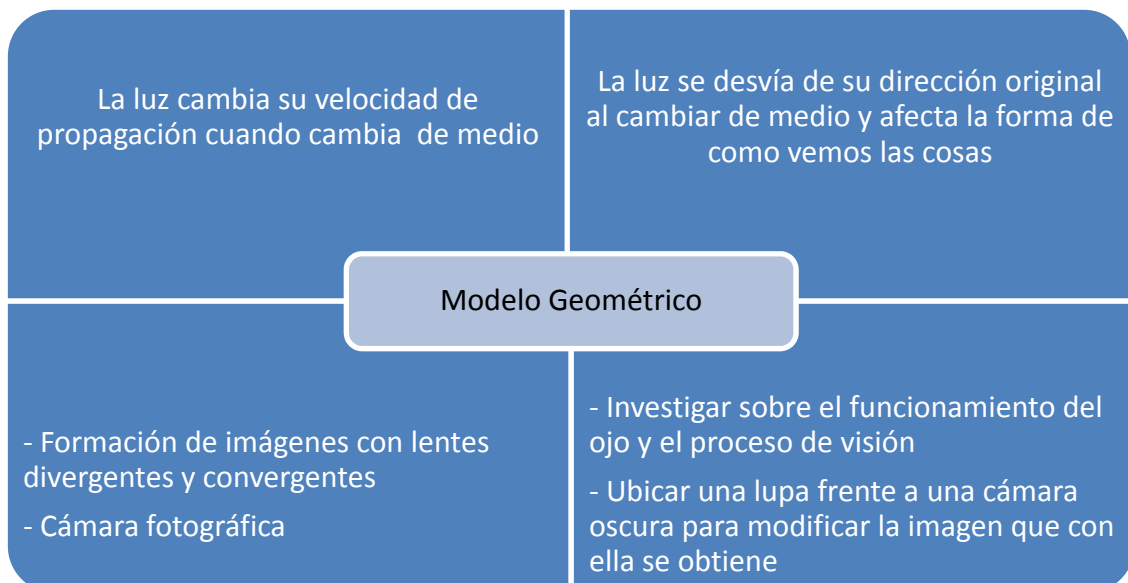
Com explicaries la imatge que s'obté amb la cambra?
Per fer-ho, et pots ajudar amb el diagrama que et presentem aquí.



Repeteix l'experiència, però ara fent més gran l'orifici de la cambra fosca. Compara la mida, la lluminositat i la nitidesa de la imatge amb les de l'anterior. Com interpretes els canvis que s'han produït?

Observa com es modifica la imatge col·locant una lent convergent (lupa) davant de l'orifici gran. Què fa la lent?

En este caso, el constructo semiótico comparte un mismo núcleo central a través del uso de un modelo geométrico:



Para continuar, en base a lo aprendido sobre la refracción, supuestamente, se habla del caso del prisma como un ejemplo (E2) para introducir otro fenómeno que es la dispersión.

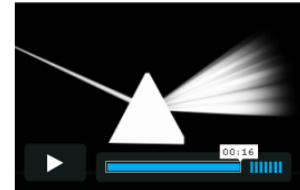
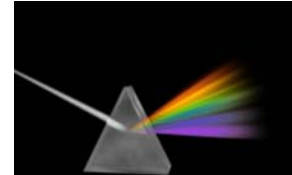
En este caso la imagen que acompaña el texto es en realidad un vídeo, siendo el único incorporado en todo y todos los libros revisados.

“Con los conocimientos que tenemos de la refracción podemos predecir cómo se comportará un rayo de luz que atraviesa un prisma”

1/3 Prismes

Un **prisma** és qualsevol medi transparent limitat per dues cares planes no paral·leles. Generalment es fan de vidre i són prismes equilàters amb angles de 60°, o prismes rectes amb angles de 90°, 45° i 45°.

Amb els coneixements que tenim de la refracció, podem predir com es comportarà un raig de llum que travessi un prisma. El raig serà desviat primer a la primera cara i s'acostarà a la normal, perquè passa de l'aire al vidre; i, després, a la segona cara tornarà a desviar-se, aquesta vegada allunyant-se de la normal, ja que passa del vidre a l'aire. En definitiva, el raig és desviat cap a la base del prisma.



La dispersión surge como el nombre atribuido al hecho de que la luz blanca se descompone en otros colores y es el caso del prisma el ejemplo más evidente de ello, y al parecer el más cercano al lector.

“... este hecho nos hace pensar que la luz blanca es una luz compuesta por 7 colores del arco de San Martí, y que la única cosa que ha hecho el prisma es separar o descomponer la luz en sus componentes”

2/3 Prismes

Un feix fi de llum blanca que incideix sobre un prisma no solament és desviat, sinó que se separa en un feix més ample de diferents colors: violeta, blau turquesa, blau, verd, groc, taronja i vermell, que rep el nom d'**espectre de la llum**.

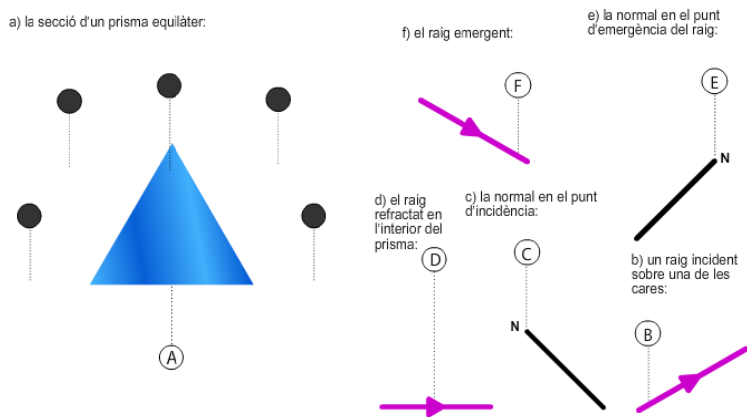
Aquest fet ens fa pensar que la **llum blanca** és una llum composta pels set colors de l'arc de Sant Martí, i que l'única cosa que ha fet el prisma és separar o descompondre la llum en els seus components. Per aquest motiu, aquest fenomen rep el nom de **dispersió cromàtica** o simplement **dispersió** de la llum. Quina és la causa de la dispersió? Doncs el fet que cada



Dispersió cromàtica de la llum a través d'un prisma.



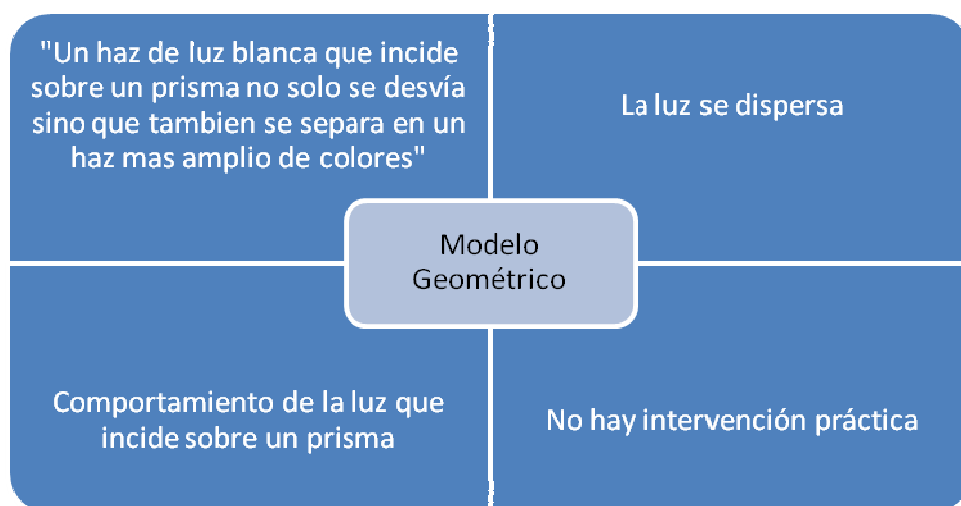
En este apartado se proponen al alumno dos actividades. La primera bajo el título “Pensemos” que pide a los alumnos construir un diagrama a partir de los elementos mostrados para representar la trayectoria que sigue un rayo de luz cuando entra a un prisma.



En esta actividad no se admiten errores ya que los elementos quedan puestos en la imagen solo si son los correctos.

Del mismo modo, bajo el título "Preguntas" se pide al alumno que explique las razones por las que se produce una dispersión de colores cuando la luz blanca atraviesa un prisma. La respuesta es extraíble de la información dada previamente por el libro, aunque sea a un nivel superficial.

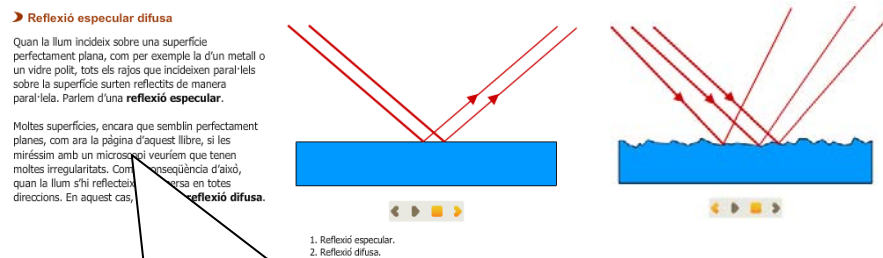
En consecuencia, la formación semiótica identificada en este caso es la siguiente:



C1: Existen dos tipos de reflexión, la especular y la difusa

En el caso de la reflexión, fenómeno del que ya ha hablado en el libro, se profundiza en que, dependiendo de las características de la superficie donde incida la

onda, los rayos pueden reflejarse paralelos entre ellos o hacia todas direcciones, lo cual provoca que la reflexión pueda ser especular o difusa respectivamente.



“Muchas superficies, aunque parezcan perfectamente planas, como ahora la página de este libro...”

¿No es acaso un libro digital?, ¿sería más apropiado tal vez mencionar “el monitor de ordenador”?

“Cuando la luz incide sobre una superficie perfectamente plana... todos los rayos que inciden paralelos sobre la superficie salen reflejados de manera paralela. Hablamos de una reflexión especular. Muchas superficies aunque parezcan perfectamente planas, como ahora la página de este libro,... tienen muchas irregularidades. Como una consecuencia de eso, cuando la luz se refleja lo hace en todas direcciones. En este caso hablamos de reflexión difusa”

Hacer las distinción entre ambos tipos de reflexión, a modo de profundizar en el fenómeno permite situar al lector en el contexto de una reflexión especular cuando se habla de espejos y formación de imágenes, lo cual podríamos considerar sinónimo de claridad y/u organización en la forma de presentar el contenido.

Las imágenes que acompañan al texto en este caso corresponden a una animación, donde se muestra el camino que siguen los rayos de luz al reflejarse en dos tipos de superficies diferentes pudiendo observar la diferencia entre uno y otro tipo de reflexión.

En este caso, no es posible identificar una conexión entre teoría y fenómeno, pero sí considerar que de esta explicación surgirá la conexión entre reflexión y la formación de imágenes como principal aplicación de esta. De todas maneras, se puede identificar que el libro utiliza representaciones geométricas para explicar el contenido,

lo cual se corresponde con las formaciones semióticas identificadas previamente para la reflexión de la luz.

Resumamos entonces, cuáles son las interpretaciones que el libro digital 2 utiliza para construir la historia en torno al contenido de luz y a través de qué ideas centrales:

| Conceptos / Fenómenos | MIR | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Gra | Mec | Geo | Ond | Mat |
| Propagación de la luz | | | X | | |
| Reflexión, absorción y transmisión de la luz (espejos) | | | X | | |
| Refracción de la luz | | | X | | |
| Dispersión de la luz | | | X | | |

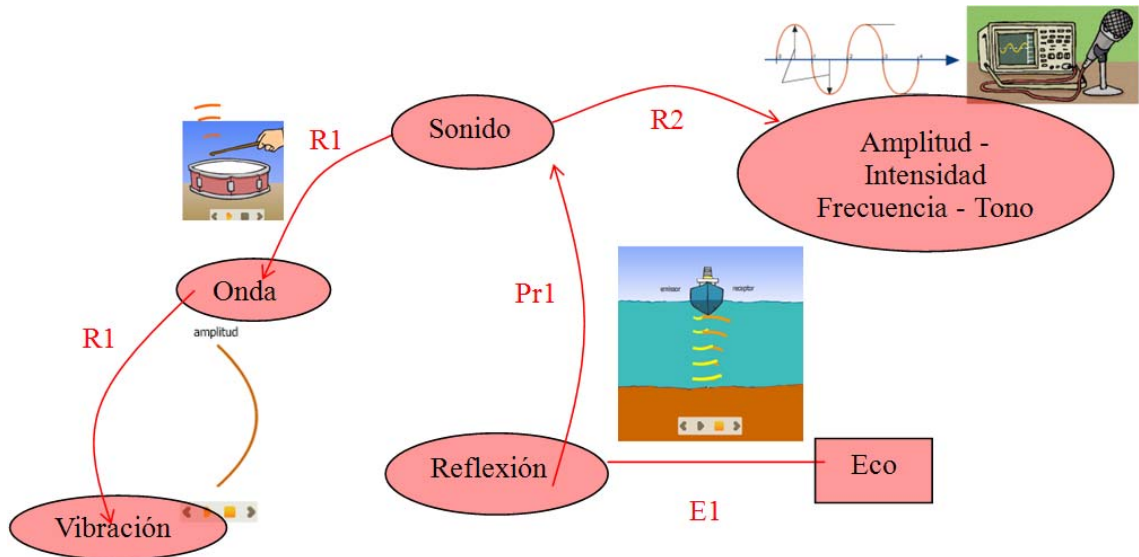
Esta vez estamos en presencia de un libro que, independiente de cómo sean sus elementos semióticos o retóricos, es coherente en el uso de un solo tipo de representación para todos sus fenómenos. En este caso, el uso de “rayos” como herramienta para interpretaciones de tipo geométricas es explicado al comienzo de la unidad y en adelante es utilizada para cada una de las explicaciones que se van exponiendo, aunque no parezca haber conexión entre unas y otras.

Si bien es cierto, el modelo de ciencia presentado por este libro nos parece bastante afirmativo, es posible apreciar una consecución en la forma de expresar las ideas, aunque sean de un modo dogmático. Esta consecuencia radica en que las ideas presentadas bajo un estilo didáctico transmisión, pueden ser comprendidas desde un mismo punto de vista y bajo una sola consideración. El hecho de que la luz viaje en línea recta es la clave que permite entender una serie de fenómenos del mundo que son comprensibles si pensamos en la luz como rayos.

Llama la atención que el libro plantee preguntas constantemente a modo de títulos (ver índice de LD2 en capítulo 4), ya que en ningún momento las preguntas quedan abiertas, generan discusión o son planteadas para que el lector procure responderlas. Tal y como hemos visto, el libro deja estipuladas las ideas científicas bastante claras y desconectadas unas de otras.

B) Capítulo 8: El Sonido

Vemos que el caso del sonido es igual que el de la luz, en el sentido de que las conexiones teórico –factuales predominan en todo el capítulo



R1: Las ondas son la propagación de la vibración. El sonido se propaga mediante ondas.

En este caso el libro parte del hecho de que las ondas, y por ende los sonidos, se originan por la vibración de un objeto.

“Una onda es la propagación de una perturbación sin transporte de materia”

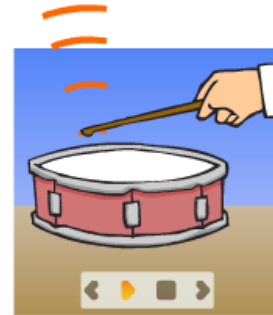
Para representar la onda se recurre al dibujo de un frente de ondas, en el caso del tambor, pero la explicación de sobre cómo se propaga se hace desde un punto de vista mecánico: *“La membrana del tambor hace vibrar las moléculas del aire que tiene más próximas...”*

“La propagación del sonido se produce de la misma manera que una perturbación en la superficie del agua”

1/3 El so es propaga mitjançant ones

Quan produeixes un so, quan parles o toques un instrument, el so es propaga a altres llocs. La propagació del so es produeix de la mateixa manera que una pertorbació a la superfície de l'aigua. Si tires una pedra a l'aigua, veuràs que hi apareix una **ona** en forma de cercle que propaga la pertorbació per tota la superfície.

Quan toquem un timbal, en fem vibrar la membrana, que es mou cap endins i cap enfora. La membrana del timbal fa vibrar les molècules de l'aire que té més properes, aquestes fan vibrar les molècules veïnes, i així successivament. De la mateixa manera que en l'aigua, les partícules de l'aire vibren. És així com es va



Una **ona** és la propagació d'una pertorbació sense transports de matèria.

En este caso la imagen, que corresponde a una animación, permite reafirmar la idea de que *“el sonido se propaga a otros lugares”*. Esta propagación depende del medio para lo cual se muestra una tabla de valores de referencia y que permite

En quin medi material, dels que s'indiquen a la taula, el so es propaga més ràpidament? Per què?

| Medi material | Velocitat del so (m/s) |
|---------------|------------------------|
| Aire | 300 |
| Coure | 3.800 |
| Ferro | 5.000 |
| Aigua | 1.500 |

En algunes pel·lícules és freqüent veure com els indis posen l'orella a terra per escoltar. Per què creus que ho fan?

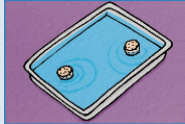


responder a preguntas como las siguientes:

A continuación de estas preguntas se proponen dos actividades prácticas que permiten observar la propagación de las ondas generadas en un muelle o en el agua, y las características de dicha propagación:

Ones a l'aigua

1. Pren una safata plena d'aigua i posa-hi uns trossets de suro perquè flotin.
2. Provoca una pertorbació a la superfície de l'aigua perquè s'origini una ona.
3. Observa com es comporten els trossos de suro al pas de l'ona.
4. Intenta donar una explicació al fenomen observat.
5. Per què la pertorbació a l'aigua es propaga mitjançant ones?




Experiència

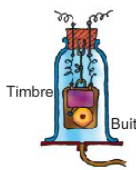
Ones en una molla

Per visualitzar la propagació del so farem servir un model. Aquest model serà una molla.

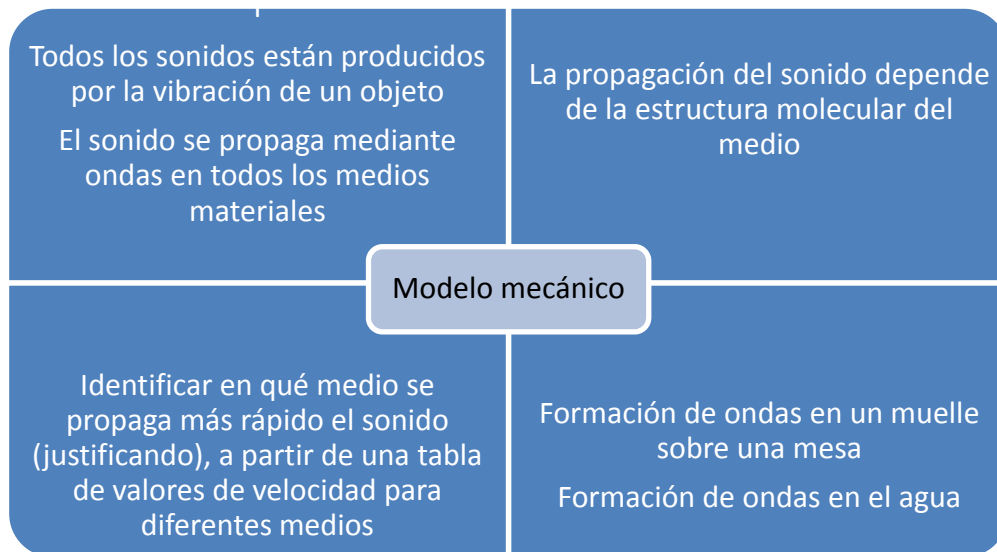
1. Col·loca la molla estirada sobre una taula i subjecta-la per tots dos extrems.
2. Des d'un dels extrems, sacseja-la una mica amb la mà, mentre l'altre extrem es manté fix.
3. Descriu com es propaguen les estrebades al llarg de la molla.
4. Per què la sacsejada a la molla es propaga mitjançant ones?



Al final del capítol se proposa també una pregunta relativa al tema que dice: “¿Por qué el sonido de un timbre situado en una campana, tal como se indica en la figura, disminuye de intensidad a medida que se va extrayendo el aire interior de la campana?”



Identificamos el constructo semiótico para la propagación del sonido del siguiente modo:



R2: Todo movimiento vibratorio, y por ende el sonido, tiene características.

Partiendo del hecho de que el sonido tiene características, se establecen posteriormente las relaciones entre éstas y las características generales de las ondas.

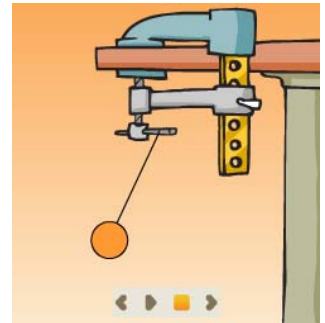
Para hablar de las características de las ondas el libro propone como actividad práctica relacionar la amplitud y la intensidad de manera cualitativa a partir de las siguientes indicaciones:

Observació

Relació entre l'amplitud i la intensitat

- Posa una corda de guitarra i observa'n el comportament. Pots veure la vibració? Què faries perquè la corda vibrés amb una amplitud més gran? Com és el so de la corda quan vibra amb una amplitud més gran?
- Col·loca uns quants grans d'arròs sobre la superfície d'un tambor i colpeja-la suaument. Què observes? Què els passa als grans d'arròs, si dones un cop més fort al tambor? Com és el so, ara?

Al finalizar el capítulo se propone como pregunta de tipo investigación (de las que consideramos de alto nivel cognitivo), el construir un montaje experimental como el que muestra la figura adjunta y determinar la frecuencia de oscilación de un péndulo. Además se pide investigar sobre cómo varia la frecuencia dependiendo de la longitud del péndulo y la amplitud de la oscilación, pudiendo establecer relaciones entre las variables y aplicarlas posteriormente a las características de las ondas, pero partiendo desde un punto de pista mecánico.



Posterior a esto se introducen cuales son las cualidades del sonido.

“La intensidad de un sonido es la fuerza que tiene, y está determinada por la amplitud de la vibración que la produce”.

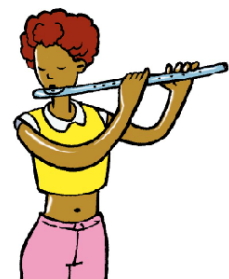
Les qualitats del so

Les qualitats que caracteritzen un so són:

- la intensitat
- el to
- el timbre

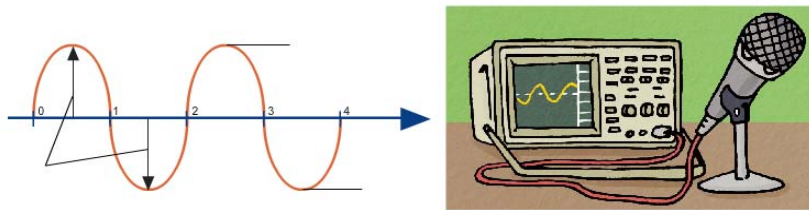
- La **intensitat** d'un so és la força que té, i ve determinada per l'amplitud de la vibració que el produeix. Així, quan l'amplitud d'una vibració augmenta, creix la intensitat del so; quan disminueix, el so s'atenua.
- El **so** està determinat per la freqüència de la vibració que produeix el so. Un so es fa de to més agut o alt quan augmenta la freqüència de la vibració, i de to més greu o baix quan en disminueix la freqüència.
- La mateixa nota sona de manera diferent segons l'instrument amb què es toca. Per exemple, el so d'una guitarra no és el mateix que el d'un violí. El so característic de cada instrument s'anomena **timbre**. El diferent timbre dels instruments es deu a la varietat de formes i materials amb què estan fets.

QÜESTIONS



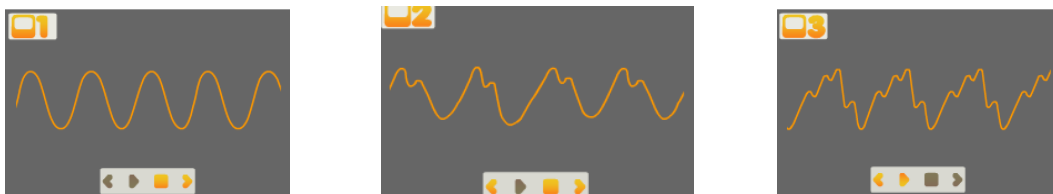
En el caso del timbre el libro indica que *“la misma nota suena de manera diferente según el instrumento con el que se toca”*. Esta idea se retoma más adelante a partir del apartado titulado *“visualización de las ondas”* donde se presenta una gráfica supuestamente extraída desde un osciloscopio, sobre la cual se puede observar la amplitud de la onda y conocer su frecuencia teniendo como referencia el eje

coordinado dibujado, y que aunque no lo exprese con claridad, corresponde al tiempo que transcurre a medida que se propagaba la onda.

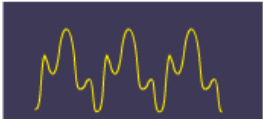



“Cuando se capta mediante un osciloscopio, la misma nota emitida por diferentes instrumentos, se obtienen gráficas diferentes. Estas diferencias se deben al hecho que las ondas emitidas por cada instrumento no son notas puras. Cada instrumento da otras notas que se mezclan con la nota principal, Esta mezcla es una de las causas del timbre de cada instrumento”

A partir de esto se muestra una sucesión de imágenes que representan las gráficas obtenidas por un osciloscopio para una misma nota musical pero tocada con diferentes instrumentos musicales:



Junto a esto se plantean preguntas que persiguen la correcta interpretación de estas gráficas, dando importancia a este tipo de representación entonces, como por ejemplo:

a) 

b) 

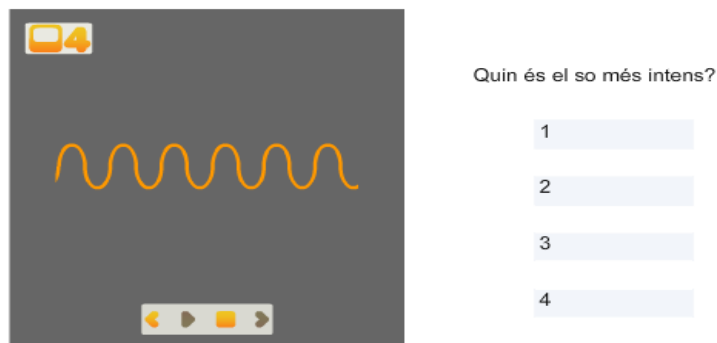
c) 

Quin so té una intensitat més gran?

a)

b)

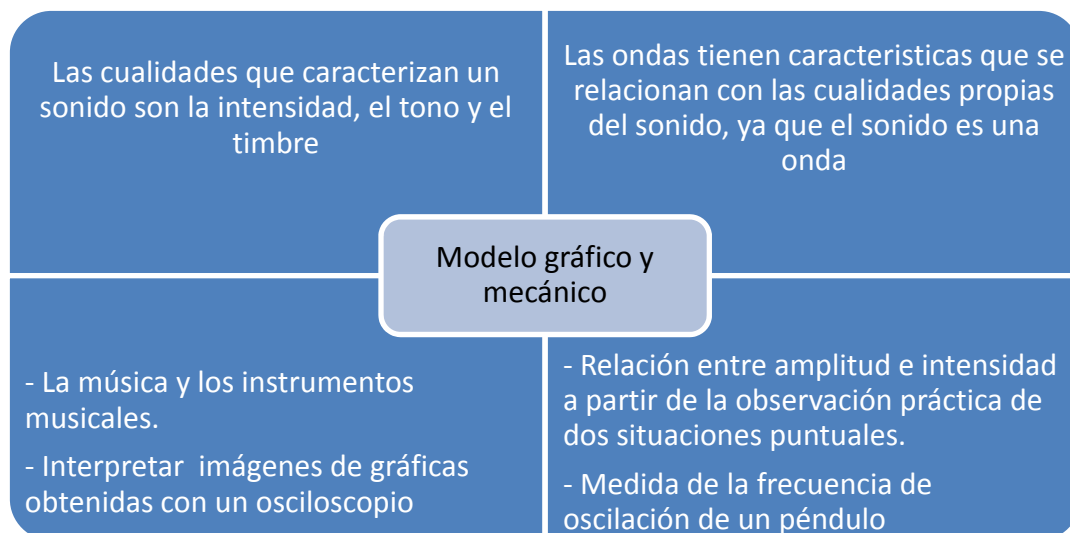
c)



(Se muestran cuatro gráficas sucesivas)

Finalmente se propone como actividad de tipo investigación de alto nivel cognitivo, tocar diversas notas musicales con diferentes instrumentos al costado de un micrófono conectado a un osciloscopio. El objetivo es observar las formas de las gráficas obtenidas y establecer comparaciones entre las variables, lo cual reafirma la interpretación gráfica de las cualidades del sonido.

Podemos identificar entonces el constructo semiótico para este caso, que se presenta a continuación:

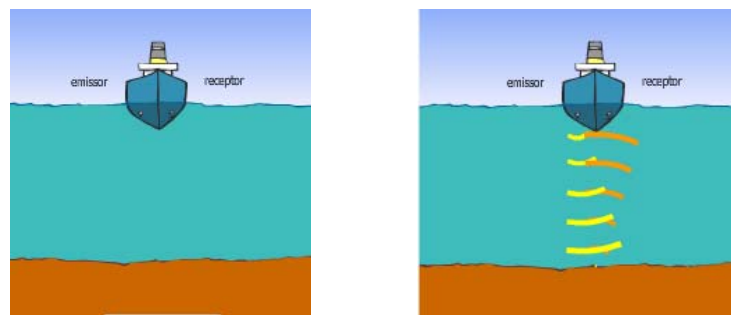


Pr1: El sonido se puede reflejar. El eco es un fenómeno que ocurre por consecuencia de la reflexión del sonido

El sonido se puede reflejar como cualquier otra onda y el eco es un fenómeno que da fe de ello.

“Si hacemos un grito a una cierta distancia de la pared de de un risco, el sonido rebota en la pared y la podremos sentir al cabo de poco tiempo. Este fenómeno se denomina eco y es originado por la reflexión del sonido.”

Con estas palabras el libro introduce el concepto de reflexión, y el eco como un ejemplo evidente de que el sonido se puede reflejar. Otro ejemplo importante, el que el libro destaca como aplicación de la reflexión del sonido es el caso de la sonda acústica o sonar, mostrando a través de una animación, como un barco emite un sonido, rebota en el fondo del mar y vuelve al barco:



La reflexión en este caso no se muestra desde un punto de vista geométrico como hasta ahora ha solido observarse. En este caso la interpretación va más bien por el lado ondulatorio representado por un frente de onda. De hecho, la posibilidad de hablar de absorción del sonido, considerado aquí como un hecho científico, se podría hacer en consecuencia con este tipo de interpretación, pero el tema no se desarrolla.

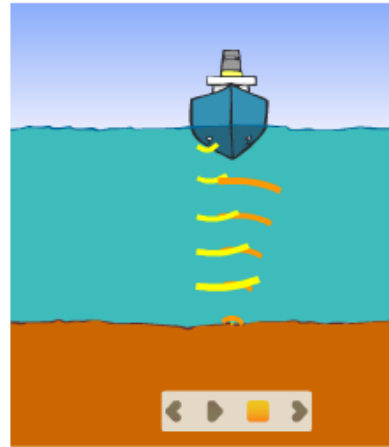
Respecto a este fenómeno se pide responder las siguientes preguntas:

Busca informació sobre com s'orienten els ratpenats quan volen.

Quines superfícies reflecteixen el so i quines l'absorbeixen?

Per a què serveix el sonar? En què es fonamenta?

A quina habitació de casa teva creus que hi ha més reverberació? Per què?



Dentro de este apartado se introduce también la relación matemática para la distancia recorrida por el sonido y un ejemplo a modo de aplicación, para calcular la profundidad del fondo del mar:

Lectura: L'eco i la reverberació

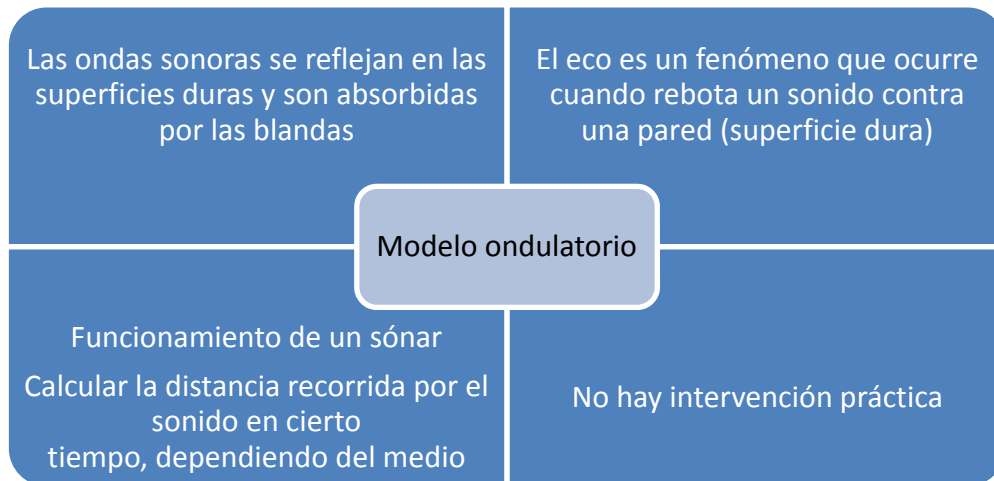
La distància recorreguda pel so és: ➤

distància recorreguda pel so = velocitat del so a l'aigua x temps emprat

En el nostre exemple: $1.500 \text{ m/s} \times 0,3 \text{ s} = 450 \text{ m}$; per tant, la profunditat és de $\frac{450 \text{ m}}{2} = 225 \text{ m}$.

Esta relación será después utilizada para responder otro tipo de preguntas como por ejemplo, calcular a qué distancia se produce una tormenta o a qué velocidad se propaga el sonido por cierto material conociendo la distancia que recorre y el tiempo que tarda en hacerlo.

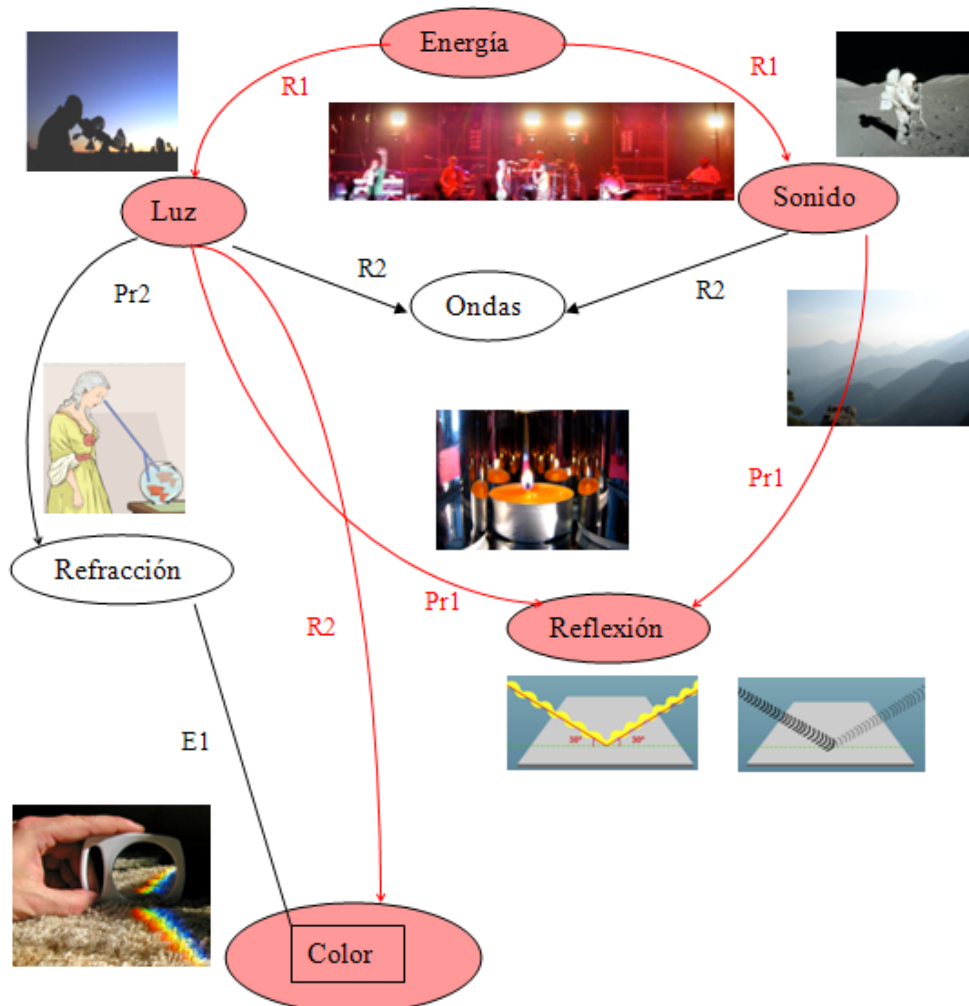
En este caso, la formación semiótica utilizada está centrada en una interpretación de tipo ondulatoria, aunque no se reconocen los hechos como procesos de transmisión de energía:



A modo de resumen para el capítulo sobre el sonido, se reúnen en la siguiente tabla las principales ideas expuestas y sus representaciones:

| Conceptos / Fenómenos | MIR | | | | |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Gra | Mec | Geo | Ond | Mat |
| Propagación del sonido | | X | | | |
| Cualidades del sonido | X | X | | | |
| Reflexión del sonido | | | | X | |

5.2.5 Libro Digital 3



R1: Luz y Sonido como métodos de transmisión de energía en forma de ondas (R2)

El libro comienza el tema vinculando los conceptos Luz y Sonido con nuestros sentidos, lo cual ya puede considerarse un acercamiento a lo conocido y tangible.

“Dos de nuestros sentidos más importantes son la vista y el oído. Estos sentidos son capaces de captar, respectivamente, la luz y el sonido, dos de las maneras más habituales de transmitir energía”

En este caso, el libro concibe la luz y el sonido como formas de transmisión de energía, aunque diferenciando ambas. Por una parte indica que la luz *“transmite energía en forma de radiación”* y por otra parte, que el sonido lo hace *“en forma de vibración de un medio”*

Dos de nuestros sentidos más importantes son la vista y el oído. Estos sentidos son capaces de captar, respectivamente, la luz y el sonido, dos de las maneras más habituales de transmitir energía.

Cuando encendemos una bombilla en una habitación oscura, vemos todo lo que hay porque la energía emitida por la bombilla en forma de radiación llega hasta nuestros ojos después de rebotar por toda la habitación.

La luz, por lo tanto, transmite energía de un lugar a otro en forma de radiación.

Cuando escuchamos a alguien que habla, lo podemos hacer porque su voz hace vibrar el aire y nuestro oído es capaz de captar esta vibración. Por lo tanto, el sonido transmite energía de un lugar a otro en forma de vibración de un medio como, por ejemplo, el aire.



La imagen utilizada en este caso, muestra una ciencia cotidiana, corresponde a la de un concierto donde se puede distinguir la luz de los focos e imaginar que también hay una propagación de sonidos y que cumple una función básicamente decorativa.

A continuación bajo el título “¿Cómo se propaga la luz?” se introduce la idea de que la luz se puede propagar por el vacío y que su velocidad disminuye en otros medios. En este caso la imagen de un hombre observando el espacio es también

3.1. ¿Cómo se propaga la luz?

La luz, si no encuentra obstáculos y el medio es uniforme, viaja en línea recta. Además, no necesita ningún tipo de medio material para propagarse, es decir, puede viajar por el vacío! Por eso podemos ver la luz de las estrellas lejanas después de atravesar grandes espacios vacíos.

La luz viaja por el vacío a casi 300.000 km/s. En otros medios, como el aire o el agua, su velocidad disminuye. La velocidad de la luz es la velocidad máxima que puede alcanzar cualquier objeto del Universo. Nada se puede mover a más velocidad que la luz.



decorativa ya que no aporta información para el tratamiento del tema. La imagen en este caso puede pretender que el alumno relacione la observación del espacio con la propagación de la luz a través de él, pero dicha intención no se hace explícita.

En este punto hay un apartado bajo el título “Propuesta” que sugiere como actividad “La cuchara inversora” donde utilizando una cuchara bien pulida se pide a los alumnos observar su reflejo en ellas y explicar por qué se ve invertida la imagen. Esto aparece bastante desconectado de lo demás ya que hasta ahora no se han introducido ideas en torno a la formación de imágenes, por lo que podemos considerarla una actividad indagatoria de cara a lo que más adelante tratará el libro.



En el caso del sonido, se plantea la misma pregunta a modo de título “¿Cómo se propaga el sonido?” indicando que el sonido necesita de un medio material para propagarse a diferencia de la luz.

“Como el sonido es una vibración de un medio, no puede viajar por el vacío”

3.2. ¿Cómo se propaga el sonido?



Como el sonido es una vibración de un medio, no puede viajar por el vacío. El sonido necesita un medio material para propagarse, ya sea sólido, líquido o gaseoso.

Por eso, podemos ver la luz de las estrellas, pero no escuchamos ningún sonido proveniente del espacio.

En el aire, la velocidad de propagación del sonido es de unos 340 m/s. En el agua, esta velocidad es 4 veces y media más alta. En el hierro se llega a multiplicar por 15.

En medios más densos, el sonido se propaga más rápidamente. Por eso, en los sólidos y en los líquidos, el sonido se propaga más deprisa que en los gases.

“Podemos ver la luz de las estrellas, pero no escuchamos ningún sonido proveniente del espacio”

La imagen que acompaña el tema en este caso muestra a un astronauta sobre la luna. Esta imagen junto a la anterior, son decorativas y acompañan al texto literalmente en su idea de que el sonido no se propaga por el espacio pero la luz sí. Sin embargo, si el texto no hiciese mención de ello, la información que estas imágenes pretenden representar no podría ser extraída de ellas.

En este punto bajo el título de *“Propuesta”* se pide a los alumnos que busquen información por internet para contestar a la pregunta: *“¿Se puede oír un teléfono móvil en el vacío?”* La respuesta a esta pregunta puede no ser del todo sencilla al contraponerse la idea de que los sonidos no se propagan por el espacio pero las ondas electromagnéticas sí, aunque hasta ahora el libro no hace mención al concepto de onda electromagnética. En este punto vemos por primera en este y los anteriores capítulos analizados, que se solicite la búsqueda de información adicional aunque no se sugieran referencias bibliográficas como tal.

En cuanto a las preguntas, al comienzo del capítulo el libro plantea una pregunta relacionada con el tema con el fin de detectar ideas previas, bajo el título *“Antes de empezar”*, esta pregunta dice: *“¿Cómo se transmite la luz y el sonido?”* Claramente la respuesta a esta pregunta puede incluir diversidad de ideas e interpretaciones ya que sin nociones claras sobre lo que es sonido y luz puede ser complicado hablar en términos de su propagación. Como ya hemos visto, el libro da explicaciones en cuanto a las características de dicha propagación por lo que las ideas previas de los estudiantes pueden ser contrastadas y, si fuese el caso, transformadas en concepciones formales sobre el tema.

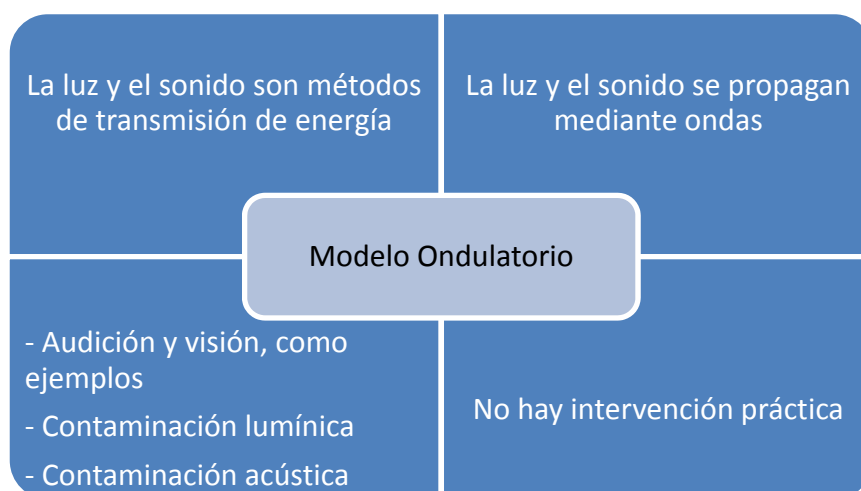
Prosiguiendo el análisis, se considera que la luz y el sonido no son clases de onda directamente, como hasta ahora venía siendo el caso en los libros anteriores, sino más bien, son formas de propagación:

“Tanto la luz como el sonido se propagan mediante ondas”

De este modo, parece ser que la onda deja de tener propiedad material, de considerarla una “algo” para pasar a ser una “vía de”. Visto de este modo, aquí lo importante no es desarrollar el concepto de onda en sí, como hasta ahora han sido los anteriores capítulos, sino, lo importante es entender que tras ‘lo que vemos y oímos’ existe un proceso de transmisión de energía, lo cual, desde nuestro punto de vista es un intento hacia la modelización del contenido ya que lo vincula a un modelo más grande y general que es “la energía”.

Finalmente, y aunque las características de la relación entre sonido-luz y energía no es explícita en el capítulo, se habla sobre la contaminación lumínica y acústica, como problemas de la sociedad actual, y por ende como una conexión con el mundo pero a nivel teórico ya que el alumno sólo puede reflexionar sobre ello, mas no puede intervenir.

Podemos decir, en general, que para hablar sobre la luz y el sonido el libro utiliza cómo núcleo la idea de concebir las ondas como un proceso de transmisión de energía, motivo por el cual hablaremos del uso de un MIR ondulatorio, entendiendo entonces que, en este caso, debería llamarse más bien energético, lo cual sin duda, nos resulta más interesante desde un punto de vista de la modelización.



Pr1: La luz y el sonido se pueden reflejar

En consecuencia con lo anterior, la reflexión aparece como un fenómeno característico de las ondas, por lo que, si se acepta que la luz y el sonido se propagan mediante ondas, se debe aceptar el hecho de que ambos se pueden reflejar.


“La reflexión consiste en un cambio en la dirección del sonido o de la luz”

Esta definición de lo que es la reflexión va acompañada de dos imágenes decorativas que hacen alusión al tema, pero que fuera del contexto no tendrían mucho sentido. Por una parte se muestra un paisaje montañoso que acompaña el ejemplo del eco y por otra, la imagen de una vela que se refleja en unos espejos, tal como el libro menciona. Ambas imágenes evocan situaciones conocidas o que pueden parecer cotidianas para el lector.

3.3. La reflexión

Cuando nos miramos en el espejo, vemos nuestra imagen porque la luz rebota y llega a nuestros ojos.

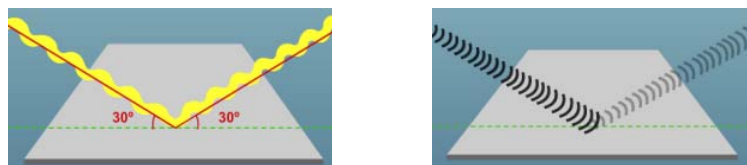
Cuando gritamos “¡Eco!” ante la pared de una gran montaña, volvemos a oír “¡Eco!” porque el sonido que hemos emitido rebota en la montaña y nos llega a los oídos.



Con esta herramienta se cambia de imagen

Posteriormente se menciona un símil mecánico de cómo se refleja la luz comparado con el rebote de una pelota en la pared, pero en el caso del sonido no hay analogía, sólo se indica que el sonido se refleja aunque en el proceso una parte del sonido es absorbido y por lo tanto el eco suele ser menos intenso. ¿Es posible que un lector ‘atento’ se pregunte en este punto porque el sonido es absorbido y no la

luz? He aquí otro hecho que pone en evidencia las diferencias entre como se trata luz y sonido, pero dejaremos esta discusión para más adelante (Ver apartado “Resultados”). Este tema es acompañado de dos imágenes que representan la reflexión del sonido y de la luz. Vemos como en las imágenes las representaciones de la onda son diferentes aunque el fenómeno es visto del mismo modo:



Debemos rescatar en este punto, la actividad práctica propuesta en el punto anterior “la cuchara inversora” donde se pide explicar por qué se ve invertida la imagen que vemos reflejada en las cucharas. Esta actividad se considera indagatoria por que permite introducir ideas sobre la formación de imágenes, sin embargo, el tema en sí no es tratado. Sólo se habla de los espejos a modo de ejemplo pero no se desarrolla la teoría de la formación de imágenes en torno a ellos.

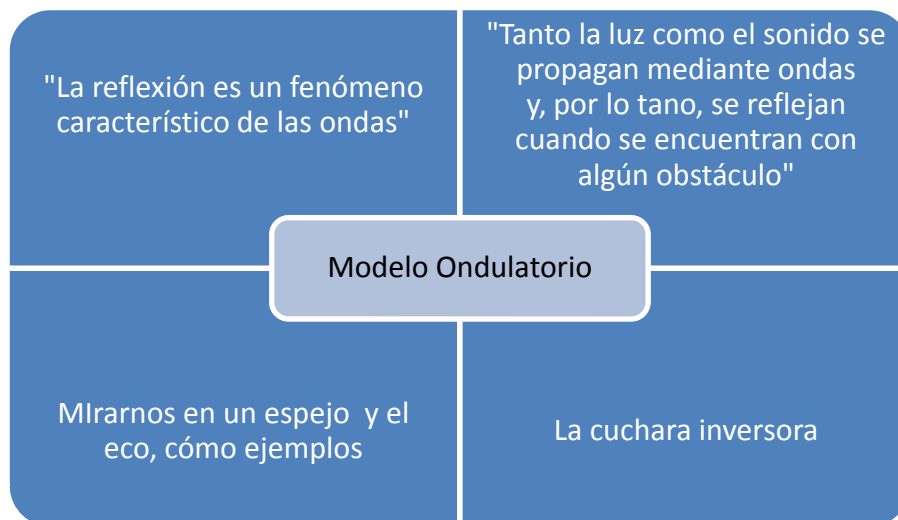
Lo mismo ocurre para otras preguntas, de tipo explicación causal, planteadas al comienzo del capítulo para detectar ideas previas o cuestionar conocimientos previos:

“¿Por qué nos vemos en los espejos?”

“¿Por qué a veces oímos nuestra voz rebotada en una pared (eco)?”

Estas preguntas pueden ser respondidas posteriormente en términos de la reflexión del sonido pero a un nivel superficial, igual que las explicaciones dadas por el libro.

Se puede identificar una formación semiótica en este caso, centrada en la idea de que la luz y el sonido se reflejan (rebotan) porque se propagan mediante ondas. No se profundiza en la ley de la reflexión, ni se utilizan diagramas de rayos para hablar de ella o de la formación de imágenes, como en los libros anteriores. Aquí sólo importa la idea central de que el fenómeno “reflexión” es propio de las ondas y por ende de la luz y el sonido.



Pr2: La luz se refracta

"Cuando la luz viaja por un medio [...] e incide en otro de características diferentes [...] se produce un cambio en su velocidad. Este cambio de velocidad da lugar a un cambio en la dirección de la luz"

"El fenómeno de la refracción es la base de las lentes, de los vidrios de las gafas, de los objetivos de las cámaras fotográficas y de vídeo, de los telescopios, de los microscopios, de los binóculos, e, incluso, del cristalino de nuestros ojos"

Al hablar de la refracción no existe un modelo interpretativo claro ya que la explicación es bastante abstracta y concisa a la vez. Lo mismo, es observable en el caso de la imagen utilizada ya que evoca a un diagrama de rayos pero no es comentado ni explicado como tal, ni se hace explícita la representación.



Tampoco se establecen conexiones con fenómenos o hechos del mundo ya que sólo se presentan ejemplos en un listado. Podemos decir entonces que en este caso no identificamos ni relaciones teórico-factuales ni formaciones semióticas definidas.

R2: Los colores se forman cuando la luz solar se descompone. Esto ocurre por la refracción de la luz (E1)

"La luz solar es una mezcla de siete colores... Podemos observar estos colores pasando una luz blanca por algún material transparente como, por ejemplo, una gota de agua o un prisma."

“Aunque en el aire todos los colores viajen a la misma velocidad, al entrar en el prisma, cada color tiene una velocidad diferente, y por lo tanto, un cambio de dirección diferente. Por eso cuando salen del prisma cada color se separa del resto”

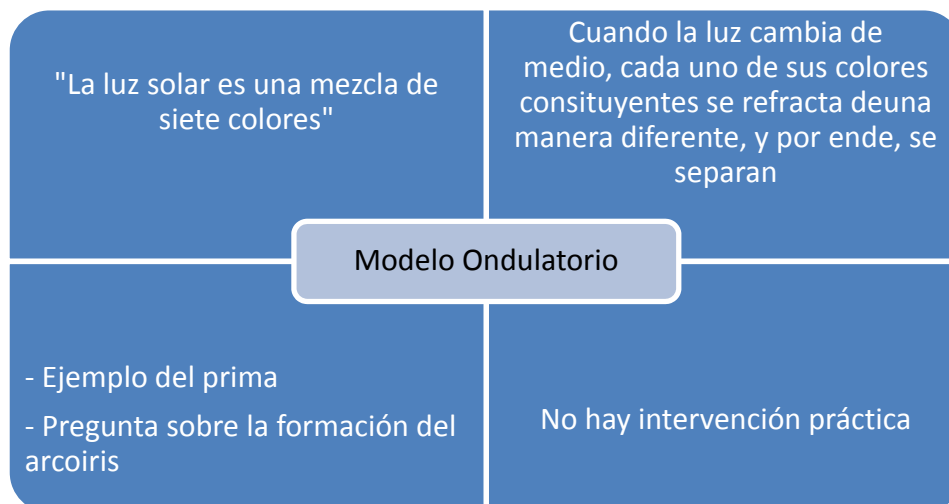
Las explicaciones son inconsistentes, muy generales e injustificadas, motivo por el cuál el tema queda a un nivel muy descriptivo y superficial. La imagen incorporada en este caso cumple un rol



decorativo ya que no podemos extraer mayor información de ella, aún menos si no se tiene en cuenta la explicación que se da. En un caso como este, o en el anterior sobre la refracción, se esperaría que las imágenes o preguntas planteadas pudiesen dar complemento a las explicaciones otorgadas, pero esto no es así. De hecho, se plantea al comienzo del capítulo una pregunta a modo de indagación, que dice ¿Cómo se forma el arcoiris?. Esta pregunta pide dar explicación sobre un fenómeno de la naturaleza siendo entonces una forma de conectar mundo y teoría, sin embargo, las explicaciones que de este fenómeno se puedan dar quedan a un nivel muy superficial por la carencia de profundidad en los contenidos, entonces el contraste que debería surgir entre ideas previas y conocimiento adquirido no es tan evidente.

Finalmente, se propone al lector buscar fotografías en las que se vean los diferentes colores que puede tener el cielo: *“Intentar explicar porqué se ven diferentes colores, teniendo en cuenta las prácticas sobre la refracción y la descomposición de la luz”*, lo cual busca conectar teoría y mundo claramente, con la salvedad de que la teoría aportada es tan básica, como ya se ha expresado anteriormente, que probablemente las explicaciones a la pregunta quedarían a un nivel básico también. En este punto cobra importancia la sugerencia de fuentes de información adicionales, para complementar el tema, pero este libro, al igual que los 4 anteriores, no sugieren bibliografía adicional.

Para este caso establecer una formación semiótica basada en concebir la luz como una onda que se puede descomponer, ya que no hay representaciones definidas para hablar de este fenómeno. De este modo la formación semiótica para este caso vendría siendo de este tipo:



Podemos resumir las ideas y MIR que este libro incorpora en la siguiente tabla:

| Conceptos / Fenómenos | MIR | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Gra | Mec | Geo | Ond | Mat |
| Propagación de la Luz y el Sonido | | | | X | |
| Reflexión de la Luz y el Sonido | | | | X | |
| Dispersión de la luz (“descomposición”) | | | | X | |

Como ya hemos visto anteriormente, en este capítulo las explicaciones son bastante superficiales, sin embargo, se puede determinar que las formaciones semióticas están centradas en la propagación de las ondas concibiendo la luz y el sonido como tal y aceptando el hecho de que constituyen procesos de transmisión de energía, lo cual nos parece favorable considerando la vinculación entre el modelo onda y el modelo energía del que hablábamos en nuestro marco teórico.

5.3 Resultados y comparativas

Posterior a la interpretación y tratamiento de datos, estamos en posición de destacar los principales rasgos que consideramos, caracterizan a los textos analizados cuando tratan el contenido “Ondas”.

Resumimos a continuación los principales aspectos identificados, pudiendo establecer comparaciones y/o similitudes entre libros tradicionales y digitales para cada uno de ellos.

5.3.1 Sobre los aspectos retóricos del texto

Las categorías utilizadas para analizar los libros han puesto de manifiesto ciertos estilos predominantes en la forma que los textos tienen para enseñarnos el contenido en cuestión. Es así como existe consenso en un modelo DOGMÁTICO de ciencia que expone a los lectores las ideas como verdades irrefutables y justificadas a partir de hechos que parecen evidentes. Estas ideas son presentadas de una forma que permite su fácil lectura, con un orden retórico aparentemente organizado entregando definiciones, enumerando características y utilizando fenómenos para justificar o ejemplificar las propiedades atribuidas a las entidades.

Hemos visto que dentro de la tendencia dogmática de los libros para hablar de la ciencia, estos eran mayormente de tipo afirmativo y uno de tipo magistral. Los libros que muestran una ciencia de forma afirmativa (LT1, LD1, LD2 y LD3) son los que presentan los contenidos en estructuras que parecen rígidas y donde la lectura de dichos contenidos es en realidad la lectura de una lista de definiciones. En el caso de los libros categorizados como magistrales, la lectura no parece tan rígida ni su lectura tan fría, y los contenidos son presentados con una narrativa que puede simular una historia.

Del mismo modo, podemos decir que existe un consenso en cuanto al modo en que los libros se dirigen al lector, otorgándole un rol pasivo como DISCÍPULO que debe aceptar las ideas que se le quieren enseñar. El alumno - lector no es partícipe de la construcción del conocimiento adoptando las decisiones que el libro (autor como autoridad) determina. En este punto es importante mencionar que dada la interactividad que los libros de texto digitales suponen como ventaja frente a los tradicionales, esta relación libro-lector podría propiciar el tener a un lector activo-participativo que pudiese actuar frente al libro, tomar decisiones en cuanto a la elaboración del conocimiento, plantear preguntas y buscar respuestas. Sin embargo,

esta situación no surge en ninguno de los casos analizados y supone claramente un desaprovechamiento del material desde un punto de vista didáctico.

Por otra parte, a partir de las observaciones realizadas, se ha detectado que en algunos casos, a pesar del trato distante que da el libro al lector, este es igualmente considerado en la narración, aunque sólo sea para hacerle sentir que está presente. Es por esto que proponemos aquí una nueva distinción para el modelo de lector.

Diremos que el modelo de lector puede ser un **DISCÍPULO PRESENTE**, cuando el libro le habla al lector directamente, aunque no le permita intervenir, y un lector **DISCÍPULO AUSENTE**, cuando el libro no considera al lector en ningún caso ni reconoce su presencia, escribiendo de forma neutra para un destinatario abstracto.

Ejemplos de libros con un lector discípulo pero presente encontramos a continuación, a partir de algunas unidades de significado:

| Modelo de Lector: Discípulo Presente | |
|---|---|
| LT1: | “Observa que en el ejemplo...”, “Seguro que te has fijado en...”, “cuando calentamos alimentos en el microondas...” |
| LD1: | “Cómo sabes...”, “Si te fijas...”, “¿Te has fijado alguna vez...?”, “Aunque no las hayas visto nunca...” |
| LD3: | “Cuando nos miramos en un espejo”, “Cómo ya sabes”, “Seguramente habrás visto...” |

En contraste con esto, leamos un párrafo de libros que tienen un lector discípulo ausente, para comprender la diferencia:

| Modelo de Lector Discípulo Ausente | |
|---|--|
| LT2 | <i>“La música es una combinación de notas y estas, a su vez, son sonidos que tienen una frecuencia determinada. En el mundo occidental hay una escala de 8 notas denominada octava. Cuando se pasa de una nota de una octava, por ejemplo un La, a la misma nota de la octava siguiente, la frecuencia se duplica. Así, el La del medio de un piano tiene una frecuencia de 200 Hz y el La de la octava siguiente tiene una frecuencia de 440 Hz. Cada instrumento de una orquesta puede tocar notas en un intervalo determinado de frecuencias, así, las notas de un violín son más agudas que las de un contrabajo.”</i> |

LD2: *“(La figura) muestra la sombra formada cuando una pelota de fútbol es colocada entre una fuente de luz puntual, como sería una pequeña bombilla, y una pantalla. La sombra tiene un contorno nítido, que engloba la zona de la pantalla donde la luz no puede llegar porque es interceptada por la pelota.*

Si la fuente puntual se reemplaza por una fuente extensa, como una luz de mesa, entonces el contorno de la sombra se difumina.

En torno a la zona de sombra de total aparece una zona de sombra parcial, donde únicamente es interceptada una parte de la luz proveniente de la fuente emisora”

En el caso del modelo didáctico, no existe diferencia entre libros tradicionales y digitales en cuanto a la forma que el libro utiliza para transmitir la información. Todos los libros analizados, independiente de su formato, utilizan un modelo didáctico de tipo TRANSMISIVO que está siempre centrado en el contenido a enseñar, estructurado de forma coherente, con ideas científicas que se consideran ya construidas e indiscutibles y que se enuncian de tal forma que el lector (pasivo en concordancia) puede captar en su rol de receptor de información.

En términos generales, los elementos retóricos de los libros tradicionales y digitales en conjunto son coherentes entre sí, mostrando una ciencia fácil de entender si se siguen las reglas estipuladas, si se aceptan las ideas enseñadas y si no se cuestionan.

Por otra parte, en términos de la factualidad de los libros, existe la tendencia a mostrar los fenómenos del mundo a través de ejemplos más bien simbólicos, recogiendo hechos del mundo que puedan resultar cercanos a los alumnos. Tal es el caso, por ejemplo, de utilizar pelotas unidas por muelles para hablar de cómo se propaga el sonido, o de utilizar el pulso generado en una cuerda para hablar de propagación de energía sin propagación de materia como explicación de lo que es una onda.

Estos fenómenos que los libros buscan simbolizar pierden su carácter factual para pasar a ser utilizados como propiedades o características de las entidades teóricas y justificar con ellas otros hechos o fenómenos. De este modo las interpretaciones que

se puedan elaborar sobre lo que ocurre en el mundo real se simplifican y quedan reducidas a simbolismos que solo tienen coherencia dentro del contexto estipulado por el libro, con las reglas que el mismo libro da para entenderlos. En otras palabras, las explicaciones que se puedan dar a los hechos observados solo tienen validez dentro de los límites que el libro determina a través de los símbolos y significados que él mismo atribuye a los fenómenos que explica. Sobre esto discutimos en el apartado siguiente.

5.3.2 Sobre los aspectos semióticos del texto

El atribuir carácter teórico-conceptual a algo que es puramente fenomenológico provoca que los hechos sean vistos como realidades construidas teóricamente y no como un fenómeno en sí mismo que conecta a su vez con otros fenómenos por medio de esa teoría. Esta construcción se consigue mediante los diversos elementos semióticos incorporados; frases, imágenes, actividades propuestas y preguntas.

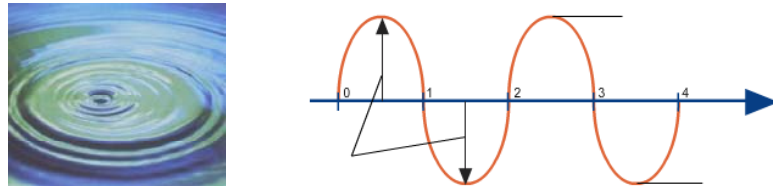
Desde este punto de vista, consideramos el texto escrito y las unidades de significado que de él se extraen, como un contenido semántico básico de los libros. Las palabras y frases en general, son organizadas de tal forma que se cohesionan entre sí para dar sentido a lo que se está diciendo.

Hemos visto con anterioridad que el texto escrito nos daba claves para identificar la comunicabilidad y factualidad del libro, desde un punto de vista retórico, pero al considerarle un elemento semiótico le estamos atribuyendo carácter de signo y, por tanto, un rol fundamental en la construcción de significados.

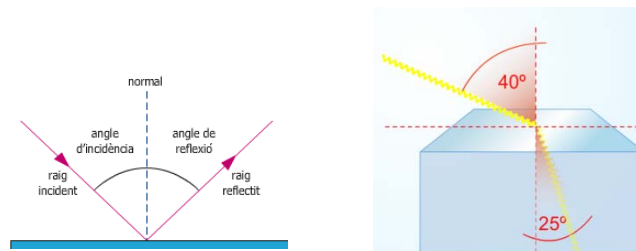
En el caso de las imágenes, éstas adquieren un rol fundamental que va más allá del objetivo que cumple acompañando al texto escrito o decorando una página del libro.

Se ha visto, en general, la tendencia de los libros hacia determinado tipo de imagen para tratar ciertos contenidos (ver tablas de unidades conceptuales en capítulo 4). Esta tendencia se correlaciona con la gran cantidad de imágenes decorativas (no operativas) e imágenes de tipo operativas sintácticas que complementan las historias narradas por los libros.

Por ejemplo, para hablar de las ondas, se recurre a imágenes decorativas como la que muestra la propagación de una onda en el agua cuando se ha lanzado a ella una piedra, o bien, las imágenes de tipo operativas sintácticas que complementan las explicaciones, como sería el caso de las gráficas que muestran las características de las ondas o las cualidades del sonido.



Otros ejemplos serían los casos de la reflexión y refracción, donde predomina, tanto para libros tradicionales como digitales, la representación geométrica del camino que sigue un rayo en cada caso, a través de imágenes operativas sintácticas.

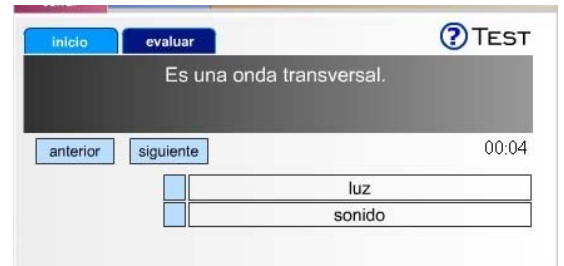


Esta tendencia observada hacia cierto tipo de representación para ciertos fenómenos y conceptos facilitó la posterior identificación de los llamados MIR, adjudicándole de este modo un rol importante a la imagen dentro del libro, en concordancia con lo planteado en nuestro marco teórico y metodológico.

En el caso de las preguntas, también se identificó una tendencia hacia cierto tipo de preguntas a pesar de la extensa clasificación. Se ha visto el predominio de los ejercicios cuantitativos y de tipo generalización/definición, manteniendo la “tradición” de lo que hasta ahora ha sido el fin de las preguntas en la enseñanza de la física: calcular y recordar literalmente las respuestas.

En el caso del LD1, se incluye gran cantidad de ejercicios cualitativos, aprovechando las posibilidades que da el uso de las tic's para trabajar directamente en el ordenador. Esto representa una diferencia en comparación con los libros tradicionales, aunque el tipo de preguntas siga siendo el mismo. Por ejemplo:

“Indica para cada afirmación si se refiere a la luz o al sonido:”



¿Cuál de los instrumentos recientes produce los sonidos más graves?

Quin dels instruments següents produeix els sons més graus?



Finalmente, para las actividades prácticas encontradas, podemos decir que también hay preferencias por cierto tipo de actividades, como son las de utilizar muelles para generar ondas o una cubeta de ondas. En este punto, podemos decir que los libros digitales no hacen uso de recursos que serian interesantes para el trabajo práctico, como por ejemplo las simulaciones o laboratorios remotos. Contrario a esto, los libros digitales proponen el mismo tipo de actividad de un tradicional, a través de guías de trabajo en pdf, o bien, actividades que no tienen un sello puramente experimental, como en el capítulo anterior se ha expuesto y que se deben desarrollar directamente haciendo uso del ordenador.

Dejamos fuera de discusión, el cómo el uso de las Tic's puede facilitar el trabajo práctico en equipos, trabajando en red por ejemplo, ya que nos limitamos a comentar sobre lo visto y no sobre los usos que el docente pueda hacer de una plataforma virtual completa, donde el libro sólo es una parte, que permita nuevos modos de trabajo experimental.

5.3.3 Sobre las relaciones conceptuales

Utilizar los mapas de Thagard en esta investigación permitió conocer cómo es la estructura conceptual de cada capítulo analizado y cómo estas se adaptan al currículum, de diferentes maneras.

Hemos visto en todos los casos, que los libros recurren a cuatro tipo de relaciones fundamentalmente: la regla, la propiedad, la clase y el ejemplo.

De todas las relaciones posibles, las que mas interés suscitan son las de tipo “Regla”, por ser estas las que conectan fenómenos gracias a su carácter abstracto.

A partir de las redes construidas, podemos decir que Luz y Sonido son conceptos vistos como una clase de onda, que puede ser a su vez, mecánica o electromagnética, y que esta distinción es presentada en términos de que no depende del cuerpo que genera la onda, sino, del medio por el cual se propagan las ondas: Si la onda se propaga por el vacío es electromagnética; si necesita de un medio sólido, líquido o gaseoso para propagarse, es mecánica.

En dos casos (LD2 y LD3) el concepto “Onda” se relaciona con el Sonido a través de una regla. La regla, en este caso, determina que el sonido se propaga mediante ondas, lo que implica que los fenómenos atribuibles al sonido ocurren porque las ondas se propagan. De este modo, el sonido no es considerado un tipo de onda, a diferencia del resto de libros.

También ha sido posible identificar que no hay consenso en cuanto a los fenómenos atribuibles a la luz y el sonido, ya que en algunos casos los fenómenos por ser ondulatorios en general, deberían ser aplicados a casos de propagación de luz y de sonido por igual, pero existe la tendencia hacia mostrar cierto tipo de fenómenos vinculados entre sí.

En general, podemos decir que, a raíz de lo observado, los fenómenos y conceptos se tienden a mostrar constituyendo un patrón bastante definido:

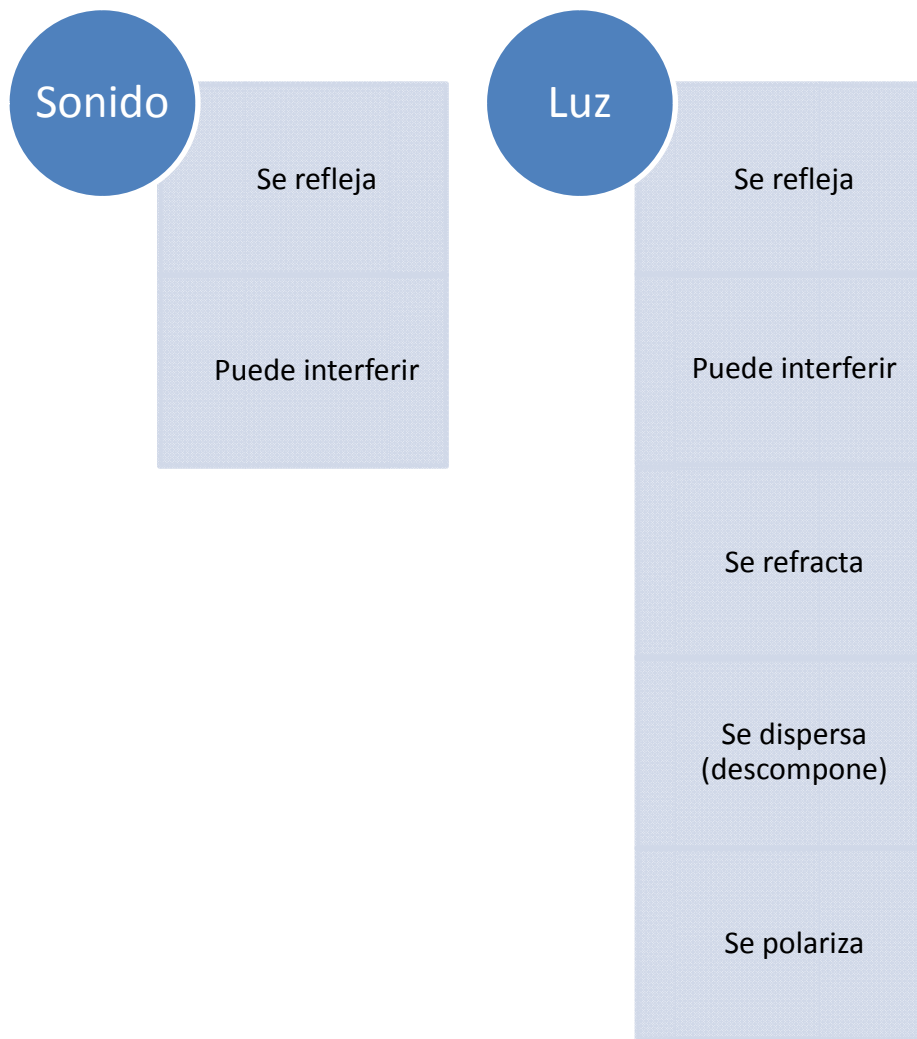


Ilustración 31. Comparativa de fenómenos atribuibles a la luz y al sonido

A veces la luz y el sonido pueden aparecer como ejemplos de ciertos tipos de onda, a la vez de que son considerados una sub-clase de otra.

En el caso de las relaciones de propiedad aparecen conceptos vinculados mediante esta relación que, al parecer, evita ciertas explicaciones al libro. El atribuir a un concepto o la calidad de propiedad de otro, implica que todo lo que se dice de él se debe darse por cierto, ya que es una propiedad, algo que no surge de la observación de fenómenos, sino del aceptar que ciertos conceptos tienen ciertas características.

Es diferente decir que las ondas tienen la propiedad de reflejarse, por ejemplo, que decir que cuando una onda se encuentra en su camino con un medio de propagación diferente, puede reflejarse en diferente medida, según las características del medio.

En general, las estructuras conceptuales son construidas en base a clasificaciones y características, lo cual contrasta con lo que sería una estructura conceptual construida en torno a un modelo explicativo.

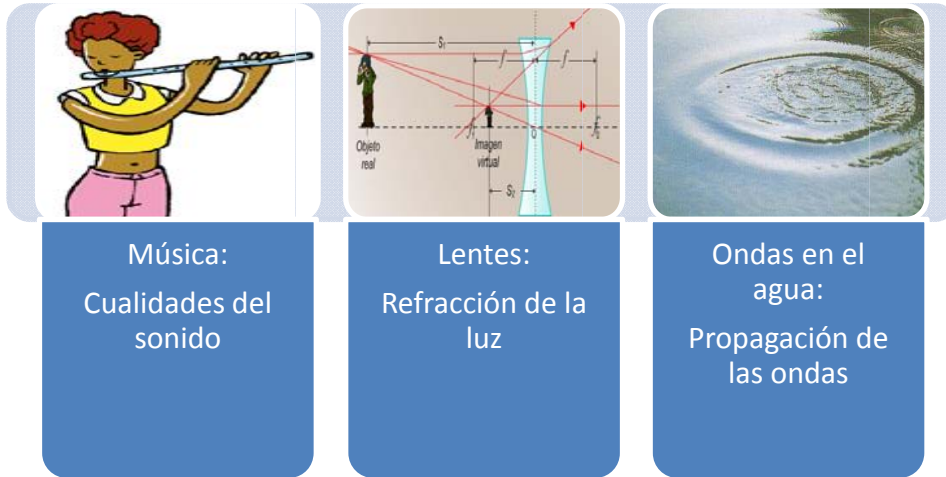
5.3.4 Sobre las relaciones teórico-factuales

Mirar las redes conceptuales teniendo como referencia los hechos y elementos semióticos de los libros, permitió determinar que el análisis no podía quedar a un nivel puramente conceptual, siendo importante poner énfasis en aquellos fenómenos que el libro intenta explicar, y en los ejemplos y representaciones que para ello utiliza.

De este modo, pasamos a hablar de redes conceptuales a redes teórico-factuales ya que el libro no sólo relaciona conceptos, sino también fenómenos. Hemos visto que dichas relaciones se basan en los ejemplos que el libro utiliza para dar las explicaciones, conectando de esa forma con el mundo real. Dichos ejemplos se ven reforzados por el uso de ciertas imágenes, preguntas, frases y actividades que ayudan al lector a construir una idea mental sobre lo que está aprendiendo, y que pasan a ser una manera de hablar y mirar el mundo.

A partir de lo observado podemos identificar ciertos ejemplos o hechos reales que los libros tienden a utilizar para hablar de ciertos fenómenos y establecer de este modo la conexión entre teoría y mundo. Los ejemplos aquí presentados rescatan las imágenes utilizadas, pero hacemos hincapié en que dichos ejemplos también son reforzados a través de las preguntas y actividades como anteriormente se ha visto. Algunos ejemplos son los siguientes:





Música:
Cualidades del
sonido

Lentes:
Refracción de la
luz

Ondas en el
agua:
Propagación de
las ondas

Estos ejemplos, entre otros que hemos podido ver en el análisis realizado, nos dan indicio de la conexión que el libro quiere establecer con el mundo ya que coge hechos de la vida real para dar sentido a las explicaciones teóricas sobre los fenómenos.

De este modo, las relaciones establecidas entre conceptos y fenómenos, sobre todo las de regla, ayudan a construir la historia, sobre las ondas en este caso, pero considerando que es el mundo real el que requiere explicación.

5.3.5 Sobre los Modelos Interpretativos de la Realidad

Se identificaron diversas formaciones semióticas diferentes que todos los libros, en concordancia, utilizan para realizar la conexión entre mundo y teoría. Estas construcciones están centradas en lo que llamamos Modelos Interpretativos de la Realidad como núcleos semióticos que el libro utiliza para interpretar los hechos del mundo, y para ayudar al lector a interpretarlos también.

Este es un resultado muy importante desde nuestro punto de vista, ya que con él dejamos de mirar el libro como un resumen de ideas teóricas y lo podemos ver como lo que realmente es: un objeto propio de nuestra cultura que reúne las ideas científicas que se deben aprender y que además entrega al lector una forma de ver el mundo, ya que el mundo no está en el libro, tan sólo están las formas de mirarlo que permiten hablar, pensar y actuar sobre él.

Se ha identificado una tendencia por el uso de ciertos modelos interpretativos para hablar de ciertos fenómenos y conceptos, lo cuál surge de la revisión conjunta de las tablas resúmenes elaboradas para cada libro y que es posible ver en el anexo 7. A partir de esto, en la gráfica siguiente, podemos ver qué modelos se han utilizado en los libros para hablar de los diferentes aspectos del contenido tratado y cuáles son los aspectos del contenido (fenómenos y/o conceptos) son los que tienen mayor número de MIR posibles.

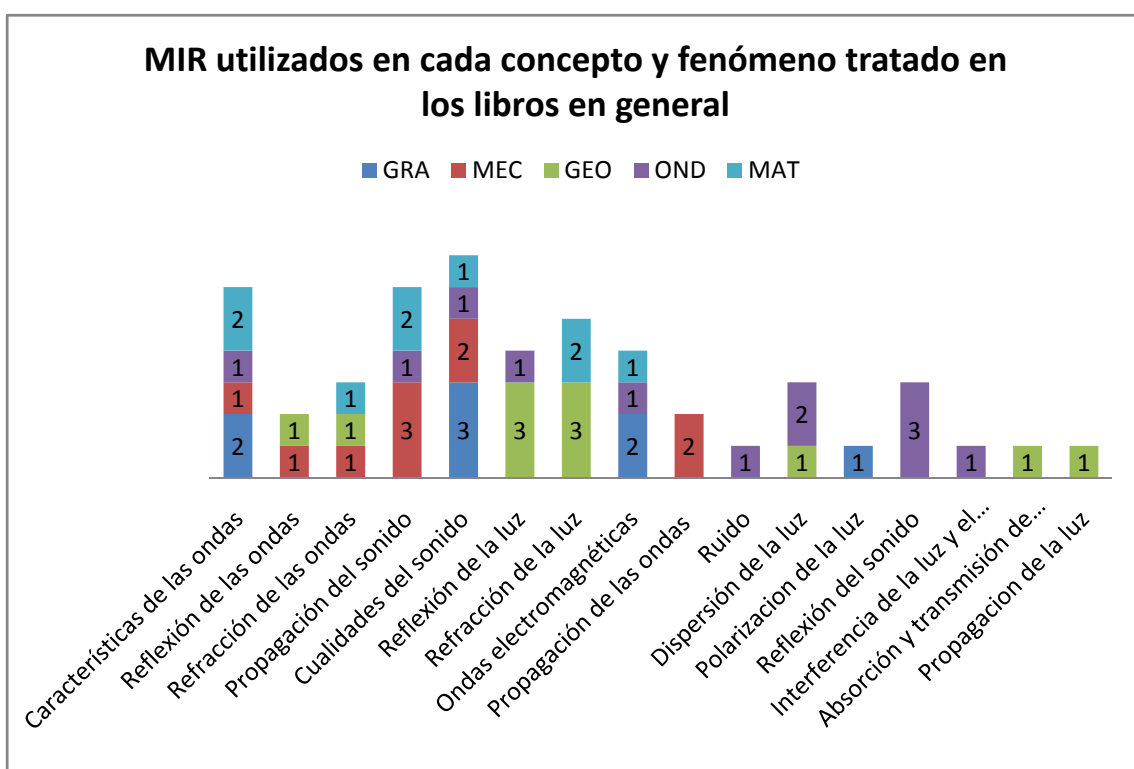


Gráfico 3. Modelos Interpretativos de la Realidad utilizados en las principales ideas teórico-factuales de los libros

Por citar un ejemplo, vemos que cuando los libros hablan de las cualidades del sonido y las características de las ondas, lo hacen utilizando un mayor número de MIR (gráfico, mecánico, ondulatorio y matemático). También podemos destacar, como otros ejemplos extraídos de la gráfica, que la reflexión del sonido es tratado por tres libros utilizando sólo un modelo ondulatorio, y qué fenómenos como la absorción y transmisión de la luz son tratados sólo en un libro desde un punto de vista geométrico.

Estos resultados, otorgan una visión general para la muestra seleccionada y nos permite poner en evidencia que no existe un consenso en cuanto a las formas de enseñar las ondas, ya que cada aspecto del contenido puede ser visto desde enfoques diferentes centrados en diversos núcleos semióticos.

Del mismo modo podemos decir que hay aspectos del contenido que algunos libros consideran importantes de tratar y que otros en cambio prefieren dejarlos fuera. Esto sin duda marca una diferencia en lo que finalmente acabe aprendiendo un alumno sobre el tema, ya que su conocimiento sobre uno u otro aspecto del contenido dependerá del libro que utilice. No hay unanimidad ni uniformidad en cuanto a las formas de presentar el contenido de ondas, sólo tendencias.

Capítulo 6

CONCLUSIONES

El capítulo final de esta investigación expone las reflexiones a las cuales se ha llegado con el desarrollo de la investigación expuesta y que pretende ser un referente como punto de partida para futuras investigaciones similares ya que hemos dado un nuevo significado, uno semiótico, a lo que se había hecho hasta ahora en nuestro departamento desde otro enfoque.

Las conclusiones están organizadas de manera consecuente con las preguntas planteadas para dar una respuesta concreta a cada una en base a los objetivos planteados y el trabajo realizado.

6.1 Sobre las formas que el libro utiliza para hablarnos de las ondas y lo que nos dice de ellas

Podemos decir que los libros de texto analizados, y creo que la generalización es posible, construyen el concepto a través de elementos teóricos y factuales que se entrelazan entre sí para contar una historia.

Se ayudan de formaciones semióticas que si bien es cierto, tiene una misma estructura, constituyendo un patrón, son diferentes entre sí, por lo que no todos los libros dicen lo mismo del contenido pero existen tendencias hacia ciertos hechos, representaciones y modelos para hablar de las ondas tal como se ha visto con anterioridad.

En términos generales, a partir de lo observado en los libros y posteriormente analizado, el concepto de onda está asociado al concepto de energía pero la conexión entre ambos queda a un nivel de propiedad y no muy explícita. Las ondas transportan/propagan energía. Pero la onda en sí misma es “algo”, algo que tiene esa propiedad de transportar energía que es a su vez otro “algo”. Los libros insisten en la

idea de que hay diferentes tipos de onda entre las que se encuentran el sonido y la luz y que todas las ondas, en general, pueden ser caracterizadas por magnitudes físicas que se relacionan entre sí y que las diferencian. Estas magnitudes que son la amplitud, frecuencia, longitud de onda, período y velocidad de propagación, nos entregan información sobre cada onda pero quedan olvidadas cuando se comienza a hablar de los fenómenos ondulatorios.

Existe la tendencia a considerar la propagación rectilínea de la luz como un hecho incuestionable que sirve a su vez como justificación importante para prácticamente todos los fenómenos tratados. Que los alumnos acepten este hecho parece ser uno de los objetivos de todos los libros, ya que permite hablar sobre otros fenómenos como la reflexión, dispersión y refracción, o trabajar en torno a la formación de imágenes en espejos y lentes. Se introducen en este punto algunos modelos matemáticos sencillos en (dos de los cinco libros) y se mencionan algunas aplicaciones como el funcionamiento de las cámaras fotográficas, por ejemplo.

No deja de ser curioso el hecho de que fenómenos como la reflexión encuentren cabida cuando se habla de sonido también a través de ejemplos como el eco, pero sin embargo, ningún libro hace mención a que el sonido pueda refractarse también, al igual que la luz y cualquier otra onda. Esta omisión de información, por decirlo de alguna forma, puede responder a la necesidad de buscar nuevas representaciones y ejemplos que sean coherentes con algún MIR y que hasta ahora no se suele utilizar.

No está de más decir que se extraña la presencia de contenidos importantes sobre las ondas como lo es por ejemplo la difracción o el principio de Huygens, que puede ser perfectamente utilizando a través de un MIR geométrico para interpretar fenómenos como la difracción que tampoco es mencionado en ninguno de los libros analizados.

Es observable una tendencia hacia la materialización de las ondas, viéndolas desde puntos de vista mecánicos y geométricos sobre todo, olvidando que el estudio de las ondas no compete a objetos sino a propagaciones. Aquí se hubiese esperado una mayor diferencia ente libros digitales y tradicionales.

6.1.1 Respecto a las ondas en el currículo

No se puede dejar de considerar que actualmente existe una estrecha relación entre la ciencia y el desarrollo tecnológico. Cada nuevo avance o descubrimiento da paso a nuevas aplicaciones que a su vez son cada vez más asequibles a la comunidad no científica. Por mencionar solo un ejemplo tenemos el caso de la nanociencia y su paso al desarrollo de la nanotecnología que de inmediato revolucionó el mercado informático y electrónico, y llegó a manos de nuestros estudiantes a través de reproductores de música y video de gran capacidad. En nuestro campo de interés de las ondas, tenemos el caso de cómo el uso de las ondas electromagnéticas han facilitado nuestras vidas permitiéndonos manejar la televisión a distancia, calentar y cocinar alimentos rápidamente o poder comunicarnos a través de la telefonía móvil con personas en cualquier lugar del mundo y en cualquier momento. A pesar de esto predomina aún la tendencia a enseñar la teoría fundamental sobre las ondas de la mano de los mismos fenómenos, ejemplos y aplicaciones que hace décadas atrás. ¿No deberían incluirse en el currículo actual los avances de la física de finales del siglo XX así como también sus nuevas aplicaciones? Ciertamente es que la física moderna requiere un nivel de profundización y tal vez de abstracción mayor que otras ramas de la física así como también un dominio matemático más elevado del que se pudo conseguir en secundaria, no obstante, su estudio, su estudio a nivel cualitativo y fenomenológico sienta las bases de lo que se podría aprender sobre el tema en bachillerato y universidad posteriormente. Esta “dificultad” no puede ser, sin embargo, un pretexto para dejar fuera ciertos contenidos sobre todo si no perdemos de vista que el objetivo de la enseñanza de las ciencias actualmente es formar ciudadanos partícipes y conocedores de la sociedad. Para esto la física debe presentarse a los alumnos como algo útil y cercano aunque en la práctica parezca difícil dada la complejidad inherente. Surge así el desafío de trabajar por la incorporación de contenidos y experiencias que hablen más del rol de la física en nuestros tiempos sin por ellos dejar de lado el valor histórico de su desarrollo y los debates que suscita, lo cual enriquecería una visión de ciencia más humana y activa.

A raíz de toda la discusión suscitada a partir de los contenidos actuales del currículo, se puede pensar y sugerir una nueva manera de presentar los contenidos

más acorde al desafío actual de la enseñanza de la física y que ya hemos discutido. Esto no pretende ser una implicancia directa, si no más bien, la presentación de ideas en torno al tema para generar debate y sugerencias de mejora a futuro.

No se debe olvidar que es en el primer y segundo curso donde los alumnos deben aprender lo básico, importante y trascendente del contenido, en este caso ondas, en vista de que tal vez no vuelvan a estudiar física durante la secundaria y que en el caso de llegar al bachillerato y universidad dicha base debe ser consistente para que los alumnos enfrente con éxito los nuevos desafíos planteados.

Una vez entregados los conceptos básicos sobre las ondas, sus características y propiedades, las aplicaciones del contenido podrían estar relacionadas con la óptica y su relación con el electromagnetismo, o la interacción entre radiación y materia por mencionar ejemplos. Hablar sobre la telefonía móvil o las tecnologías médicas modernas pueden ser buenas maneras de conectar la teoría con el mundo real y encontrar sentido a lo que se aprende. Por otra parte, promover un trabajo experimental sostenible con el uso de materiales de desecho o de bajo coste que permitan ilustrar fenómenos de manera sencilla sin grandes inversiones económicas, para que nadie se quede sin trabajo experimental, constituye una propuesta interesante.

6.2 Sobre el paso a los libros de texto digitales y la construcción de significados

Diversos son los mecanismos multimedia que un libro de texto podría incorporar para profundizar o complementar ciertos contenidos, sobretodo aquellos que requieren un nivel de abstracción mayor o donde solo con palabras e imágenes inertes no basta para clarificar las ideas conceptuales que se quieren enseñar.

Dentro de esta diversidad encontramos que las animaciones o applets son las utilizadas con más frecuencia en la enseñanza de la física y particularmente en el caso de los libros digitales revisados.

Dada la extrema sencillez de las animaciones que los libros de texto analizados incorporan, no se elaboraron categorías para su análisis dando importancia al rol que cumplían dentro del texto como un elemento semiótico más. Sin embargo es de consideración mencionar que a partir de esta visualización general realizada se podrían elaborar categorías a futuro para un análisis posterior en función de los criterios que a continuación proponemos:

- que pueden cumplir una función decorativa, o sea, que no aportan información de ningún tipo y su objetivo solo se reduce al acompañamiento de un texto mejorando la estética de la página, o una función explicativa, cuando sí aportan algún tipo de información relacionado con el tema en cuestión que puede ser nueva o complementaria.
- Que permiten visualizar algún fenómeno o hecho real a través de una representación concreta de la realidad, o representan un fenómeno a través de un modelo o similitud más bien simbólica de esa realidad.
- Que aportan información cuantitativa (datos, valores numéricos, etc...) o cualitativa cuando propicia la aclaración de una idea o fenómeno.
- Que funcionan de manera arbitraria y automática al visualizar la página o requiere activación por parte del lector a través de un “botón” de arranque en el momento que prefiera, con libertad.
- Y finalmente que las variables o parámetros incorporados pueden ser modificados por el lector para así apreciar sus efectos en el fenómeno mismo o la relación entre ellas. De lo contrario pueden ser de variables fijas.

La ausencia de elementos interactivos reales en los libros digitales acorta la diferencia que se espera exista entre ellos y sus antecesores de papel. El tipo de preguntas planteadas, la comunicabilidad en general y el tipo de imagen que incorpora es similar entre ambos formatos, continuando entonces la tendencia hacia un tipo de enseñanza que parece determinado.

Los elementos interactivos que los libros digitales revisados incorporan, como una animación o una actividad, no difieren del contenido que una imagen o actividad de un libro de papel proporciona, pero aportan una nueva dimensión para observar los fenómenos que es la temporalidad, cosa que en un libro tradicional parece imposible

de conseguir, y que para la enseñanza de las ondas, es fundamental. No se puede olvidar, y hasta ahora parece que los libros si lo hacían, que cuando hablamos de ondas, hablamos de una propagación de energía que ocurre no sólo por el espacio, sino también a medida que transcurre el tiempo, por lo que toda representación que se haga de los fenómenos, no es más que algo captado en un instante.

La siguiente tabla expone ejemplos de similitud entre elementos tradicionales y digitales:

| | Libro Tradicional | Libro Digital |
|---|---|---|
| Imagen/animación | | |
| Actividades Practicas/No experimentales | <p>Ones a l'aigua</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pren una safata plena d'aigua i posa-hi uns trossets de suro perquè flotin. 2. Provoca una pertorbació a la superfície de l'aigua perquè s'origini una ona. 3. Observa com es comporten els trossos de suro al pas de l'ona. 4. Intenta donar una explicació al fenomen observat. 5. Per què la pertorbació a l'aigua es propaga mitjançant ones? | |
| Preguntas/ejercicios | <p><i>Una manera de saber si una tempestat está lejos o cerca consiste en medir el tiempo que tarda en sentirse el trueno una vez se ha visto el relámpago. Si el tiempo entre uno y otro es de 8 segundos, ¿a que distancia está la tormenta?</i></p> | <p><i>¿A qué distancia se encuentra una tormenta si entre el relámpago y el trueno consiguen transcurrir 3 segundos? Supone que la luz se</i></p> <p><small>¿A quina distància es troba una tempesta si entre un llamp i el tro consiguen transcurrir 3 segons? Suposa que la llum es propaga de manera instantània.</small></p> <p>330 m</p> <p>990 m</p> <p><i>propaga de manera instantánea.</i></p> |

Se considera fundamental para la elaboración de significados que los elementos digitales se transformen en signos que representen de forma mucho más real que un elemento 'del papel' los fenómenos del mundo, facilitando la intervención en ellos y de este modo un aprendizaje mas activo.

Lo digital debe constituir un avance que sólo será visible en la medida que se explote su real potencial como herramienta educativa.

6.3 Sobre las ventajas y/o desventajas en el uso de libros de uno u otro formato para enseñar ondas

Enseñar Ondas en la escuela debe ser sinónimo de enseñar sobre los fenómenos ondulatorios precisamente porque es a través de ellos que las percibimos. Las ondas son entidades teóricas construidas para poder explicar fenómenos naturales pero no son algo tangible que podamos ver en todas partes. Lo que vemos, sentimos y oímos son manifestaciones de un proceso de transmisión de energía mediante algo que podemos llamar onda, pero no vemos las ondas en sí mismas. Por lo tanto no sólo podemos pretender que los alumnos sepan que hay diversos tipos de ellas, o que tienen características determinadas, sino que debemos insistir en la comprensión de los fenómenos, su interpretación y relación entre ellos.

En este sentido, creemos que los libros digitales pueden marcar una diferencia importante respecto a los libros tradicionales, que aún no es apreciable, porque las herramientas que podría llegar a integrar permitirían reproducir hasta lo inimaginable y que en el mundo real no percibimos. Tal sería el caso, por ejemplo, de una onda electromagnética tridimensional que se propaga por el espacio a medida que transcurre el tiempo, y cuyas representaciones sobre el papel son exactamente iguales que la de una onda bidimensional (ver imágenes en unidad conceptual: onda electromagnética).

En este sentido el uso de libros digitales supone una ventaja porque rompe una barrera importante en cuanto a representaciones se refiere, y porque además debería facilitar la participación del lector permitiéndole "hacer" mas cosas en el transcurso del

desarrollo del contenido. Lamentablemente esto no ha sido observable con la muestra seleccionada, pero confiamos en que en la medida que investigaciones como ésta vayan dando claves de lo que sería bueno o aconsejable de tener en cuenta para enseñar ondas, los libros digitales podrían romper la tendencia literaria y reproductiva de los textos tradicionales propiciando una lectura interactiva y orientada hacia lo factual.

En respuesta directa a la pregunta de investigación planteada, la falta de interactividad real en los libros digitales hace que la forma como el alumno – lector construye el conocimiento sea similar a la forma como lo haría con un libro de papel. Como resultado observable se ha obtenido que el rol del lector frente al libro y del libro frente al lector es el mismo en ambos formatos, lo cual permite concluir que la forma como el alumno construya significados sobre el contenido, en este caso “Las Ondas” es similar en ambos casos. Nuestra investigación se limita a lo observado en los libros no accediendo a información proveniente de los lectores para comprobar si esta idea es del todo cierta, pero lo planteamos aquí como un punto de partida importante para futuras investigaciones que profundicen en las maneras que los alumnos tienen de construir significados utilizando material didáctico digital y no digital.

A raíz de lo expuesto podemos decir que los libros digitales analizados no presentan ventajas destacables por sobre los libros de texto tradicionales, en cuanto a la forma como se trata el contenido, los elementos semióticos que utiliza, la interacción con el lector y la construcción del conocimiento.

6.4 Sobre si existe relación entre los elementos retóricos, semióticos y teóricos observables en los libros de texto

La respuesta directamente es Sí. La justificación de la respuesta es un resultado importantísimo que requiere una reflexión en detalle, tal como a continuación se expone.

Comenzaremos diciendo que son diversos los elementos que un libro de texto incorpora para transmitir el conocimiento a los lectores. De dichos elementos hemos centrado nuestra mirada en cuatro aspectos básicamente que fueron las imágenes, las preguntas y las actividades prácticas, desde un punto de vista semiótico, y en el texto escrito desde un punto de vista retórico pero con carácter semiótico a la vez, buscando signos desde la sintaxis inicial de cada libro.

Hemos visto que todos estos elementos en conjunto ayudan al alumno-lector a construir los significados en torno a los fenómenos del mundo, y se entrelazan entre sí para convencerle de que dichos fenómenos tienen una explicación científica basada en las teorías vigentes que se quieren enseñar.

La observación de todos los elementos incorporados en los libros, en conjunto, nos ha llevado a considerar que los libros no son sólo conceptuales, desde el punto de vista teórico, sino que incorporan un parte factual importante sobre todo cuando intentan conectar la teoría que incluyen con los fenómenos del mundo que se pueden explicar con dicha teoría. De esta consideración han surgido lo que denominamos *Relaciones Teórico-Factuales* y que constiuyen una nueva manera de mirar los libros y analizar su contenido. Sin duda este es un aspecto interesante para considerar en futuras investigaciones de análisis de contenido donde interese la intervención que el libro haga sobre el mundo el lector.

6.4.1 Sobre las tres dimensiones de análisis

A raíz del desarrollo de esta investigación, expongo aquí un resumen de los principales aspectos que se han llevado acabo integrando en un mismo análisis tres dimensiones diferentes; retórica, semiótica y contenido.

En relación al trabajo efectuado:

- Se ha categorizado la comunicabilidad y factualidad de los textos, desde un punto de vista retórico, y que nos ha permitido conocer el modelo de ciencia, de lector y de didáctica en cada libro analizado, así como también el tipo de hechos a los que hace referencia.

- Se han categorizado los elementos semióticos con los que se construyen los hechos.
- Se han identificado las relaciones conceptuales que incorporan los libros para tratar el contenido, desde las cuales se han diferenciado aquellas *unidades conceptuales* que resultan ser estructurantes del contenido en cada libro, con diferente grado de relevancia.
- Se han correlacionado las relaciones conceptuales con los elementos semióticos que el libro utiliza para hablar de los fenómenos, obteniendo relaciones teórico - factuales.
- Las relaciones teórico – factuales identificadas se justifican con el uso, por parte de cada libro, de un Modelo Interpretativo de la Realidad que constituye a su vez el núcleo de las formaciones semióticas identificadas en cada relación establecida y que permiten conectar lo teórico con lo factual.

La posibilidad de un análisis semejante ha dado resultados satisfactorios en cuanto a la posibilidad de conocer en profundidad lo que cada libro nos dice sobre el contenido en cuestión. Tanto la sintaxis, como la semántica y la pragmática de un libro tienen cabida en un mismo análisis, combinándose también con la retórica y las características propias de un análisis de contenido.

Los resultados, mas allá de las caracterizaciones y categorizaciones, han puesto de manifiesto que los libros utilizan estrategias para presentar los contenidos teóricos vinculándolos al mundo real a través de núcleos semióticos que surgen desde la sintaxis elemental.

La construcción del contenido requiere de la relación entre los signos presentes en los libros, pero también de su relación con el lector y los hechos de habla. Todo esto queda estructurado en formaciones semióticas que consituyen verdaderos patrones de orden y presentación del contenido y que están centrados en diferentes formas de mirar el mundo, aquí llamados *Modelos interpretativos de la Realidad*.

6.4.2 Las formaciones semióticas y los MIR como resultados claves

Hemos visto que escoger un hecho del mundo construido teóricamente, como sería por ejemplo el decir que la luz se propaga en línea recta, permite hablar sobre un sin fin de fenómenos que tienen como justificación ese hecho y que se representa de una manera concreta para facilitar su interpretación. Esta representación es aplicable a otros fenómenos que adquieren sentido aceptando el hecho cargado de teoría que el libro da por verdadero y construido previamente.

Un ejemplo de esto lo encontramos en todos los libros de texto revisados, donde el hecho de que la luz viaje en línea recta otorga una justificación para entender fenómenos como las sombras, la reflexión y refracción, entre otros.

Cada libro utiliza las representaciones que considera pertinentes para explicar ciertos fenómenos y que denominamos un Modelo Interpretativo de la Realidad (MIR). Estos modelos se deben entender como representaciones que nos hacen ver la onda de una determinada manera, por ejemplo, la onda vista como un rayo.

Estas representaciones utilizadas como MIR, permiten conectar la idea teórica con el fenómeno que se quiere explicar y de este modo permiten dar un paso adelante en la construcción del conocimiento acercando la entidad construida teóricamente a algo que el alumno-lector puede identificar con mayor facilidad.

De este modo podemos plantear que estos modelos interpretativos constituyen fuertes herramientas utilizadas por los libros de texto para trasladar la teoría al mundo y reflejar de ese modo lo que realmente es importante de aprender cuando se estudia ciencia: aprender a entender el mundo que nos rodea. Los fenómenos no están en el libro, no son un conjunto de palabras escritas correctamente, son más bien hechos representados de una cierta manera que favorecen su interpretación y entendimiento. Y cuando esta interpretación es correctamente realizada, el aprendiz será capaz de aplicar las explicaciones para otros fenómenos, llegando a establecer conexiones entre los mismos. Es en este momento que el aprendiz comprenderá que la ciencia no es teoría, si no más bien, es todo lo que le rodea.

A partir de lo anterior y de las observaciones realizadas se considera importante reflexionar sobre la visión que finalmente se obtiene del contenido al tener tantas representaciones y modelos para interpretar el mundo. Si los aprendices no ven en el mundo real las representaciones mostradas en los libros, como pelotas unidas por muelles, o rayos de luz viajando por el aire y el agua ¿entonces porque los libros intentan mostrarnos los hechos como tal? Las representaciones utilizadas para la enseñanza de las ondas no quedan claramente distinguidas como tales. Su uso es abusivo y excesivo en el sentido de que no se respetan o demarcan los límites entre unas y otras, pudiendo cambiar entonces de MIR en cualquier sentido y momento. Finalmente las representaciones más que ser vistas como modelos, acaban apareciendo como la realidad directamente visible y no como una manera simplificada de ver esa realidad.

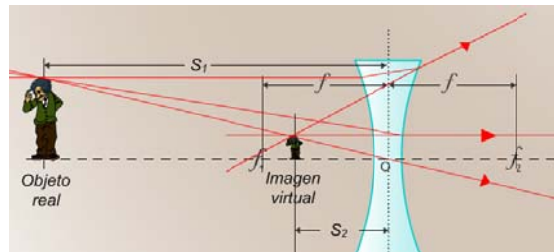
Independiente de cuantos o cuales sean los MIR utilizados, estos constituyen el núcleo semiótico que da sentido a las explicaciones teóricas y que permite vincularlas con los hechos reales. Resulta fundamental identificar la estructura semiótica de cada libro constituida aquí como un patrón, para identificar las características del contenido tratado y de las formas que utiliza para intervenir en el mundo, que en el fondo, es lo que se espera de un texto científico desde nuestra perspectiva teórica.

Estas formaciones semióticas identificadas son importantes porque otorgan valor y un rol predominante al análisis del contenido desde un punto de vista semiótico.

6.4.3 Importancia de las imágenes en la identificación de las relaciones teórico - factuales

Las relaciones teórico – factuales identificadas en los libros, surgen de la consideración de conceptos que a su vez son fenómenos y que se corresponden con algún elemento semiótico que justifica dicha observación. De todos los elementos semióticos investigados, han sido las imágenes las más representativas de dichos fenómenos y relaciones, consituyendo en algunos casos el hecho en sí mismo provocando que el lector pueda quedarse con la idea conceptual que la imagen le transmite. El caso más común de esto lo encontramos en los diagramas de rayos

donde la representación geométrica de cómo formar una imagen acaba siendo mas importante que la explicación del fenómeno.



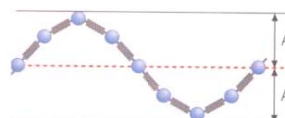
En este sentido podemos decir que la función primordial de las imágenes en los libros de texto de ciencia es hacer comprensible lo que probablemente, por su carácter abstracto, no sería entendible por el lector. El contenido de ondas es precisamente uno de los ejemplos más claros que podemos encontrar sobre esto entre los contenidos científicos que enseñamos en la escuela, ya que hablar de transmisión de energía o perturbaciones que se propagan por un medio, o por el vacío, puede ser bastante difícil de imaginar y aún mas de comprender.

Podemos ver un ejemplo de esto, extrayendo cualquier explicación del libro de texto sin mostrar una imagen alusiva:

“Lo que se propaga es la energía capaz de producir el movimiento vibratorio de las partículas”

En esta frase se habla de energía, de movimiento vibratorio, de propagación y de partículas, pero cuesta mucho darle sentido a todo ello y llegar a entender desde ahí que se está hablando de una onda. En cambio si esta misma frase se lee ahora acompañada de imágenes como las que a continuación se muestran, la frase parece encontrar sentido, o al menos, el lector puede darle un sentido en base a lo que ve:

“Lo que se propaga es la energía capaz de producir el movimiento vibratorio de las partículas”



Destacamos de este modo el rol de la imagen como signo en un libro, justificando

que poseen una función semiótica importante, por ser un indicador de las maneras de mirar y representar el mundo que cada libro tiene, y que en algunos casos pueden llegar a substituir los hechos que se interpretan a través de ellas. Este sería el caso de las imágenes mostradas, donde si se le pregunta al alumno/lector cual de las dos es una onda, probablemente la respuesta señalaría a la representación y no al fenómeno. Con esta idea se abre una prospectiva a partir de esta investigación.

6.5 Indicios de calidad de los libros de texto y consideraciones generales

A raíz de las respuestas dadas a las preguntas planteadas surge la reflexión en torno a qué aspectos de los libros de texto pueden hacer que les consideremos de calidad para la enseñanza de las ciencias en un marco constructivista y en un paradigma de Actividad Científica Escolar. A partir de aquí el nombre de la presente tesis que refleja el fin de una investigación pero a la vez significa el punto de partida para todos aquellos que se interesen por seguir esta línea.

Las observaciones realizadas desde las tres dimensiones de análisis; retórica, semiótica y contenido, dejaron en claro que los tres aspectos se combinan para dar paso a diversas formas de interpretar el mundo conectando lo teórico con lo factual. Estas formas de interpretar que son consideradas a su vez formas de ver, de actuar, de pensar y de hablar sobre el mundo nos ha permitido reflexionar sobre los siguientes puntos:

- Los libros de texto utilizan variedad de modelos (MIR) para interpretar el mundo. Estos modelos surgen de los ejemplos utilizados y de los diversos elementos semióticos y retóricos incorporados. Particularmente en el caso estudiado, “Las Ondas”, se han identificado cinco modelos interpretativos que los diversos libros analizados van utilizando para elaborar sus explicaciones en torno al tema pero no suelen haber indicaciones sobre que estos no son más que maneras de interpretar el mundo. Los límites de uno y otro modelo no quedan definidos y el hecho de que no se especifique su rango de validez hace que dicho modelo pueda acabar

reemplazando al hecho mismo ya que parece no haber otras interpretaciones posibles.

- El paso de los libros tradicionales a los digitales debería facilitar la participación de los lectores en la construcción de la historia, o en otras palabras, debería favorecer la interacción entre él y el libro para que adquiriera un rol más activo en la construcción del conocimiento. En este sentido la discusión suscitada sobre las ventajas y/o desventajas de un libro digital frente a uno tradicional es central para establecer una comparación que justifique los indicios de calidad.
- Los contenidos tanto conceptuales como factuales en los libros aparecen desconectados entre sí dificultando la posibilidad de un aprendizaje centrado en la modelización.
- Los modelos de ciencia dogmática identificados, tanto afirmativos como magistrales, dificultan la visión de una ciencia útil, interesante, cercana al mundo del lector y de la cual pueda sentirse partícipe. Carece de un rasgo humano e histórico, se presenta como un cúmulo de hechos y teorías organizados de tal forma que es coherente e incuestionable. Esta visión de ciencia no tiene cabida dentro de una A.C.E. donde se pretende potenciar precisamente la participación de los alumnos en la ciencia y la formación de ciudadanos activos y críticos que se sientan partícipes del mundo.

Esto resumido en pocas palabras se traduce en lo que consideraremos **indicios de calidad** de los libros de texto, a modo de propuesta. Diremos que un libro de texto será de calidad, desde nuestro punto de vista, en la medida que:

1. Sea coherente.

Independiente de la cantidad de MIR que utilice, debe existir una conexión entre ellos que sea explícita en los libros y que realmente signifiquen “formas de mirar” el mundo, no el mundo en sí mismo.

2. Conecte con los fenómenos.

Que la teoría conecte con la realidad para que pueda adquirir un significado. Esto es posible en la medida que los ejemplos y los diversos elementos semióticos incorporados se entrelazan entre sí para contar una misma historia. En todo

momento, las formaciones semióticas elaboradas deben incluir una parte factual importante y sobre todo una intervención práctica real para que los contenidos no queden a un nivel puramente teórico, como suele suceder mayormente.

3. Sea Interactivo.

La interactividad la entendemos aquí en términos del grado de participación del lector en la construcción del conocimiento y de la actividad que promueve. Por lo tanto, un libro será interactivo cuando incorpore un modelo de lector activo, participativo, a través de preguntas que le permitan cuestionarse sobre lo aprendido y actividades prácticas significativas donde pueda realmente intervenir en la vida cotidiana.

Un modelo didáctico transmisivo, como ha sido la totalidad de los libros analizados, no tiene cabida en un material interactivo.

En el caso de los libros digitales, la interactividad se refiere a lo mismo pero adquiere una dimensión adicional en el momento de que las herramientas informáticas propicien una mayor participación de los lectores en la propia forma de aprender los contenidos. Dicho de otro modo, los materiales didácticos digitales podrían ofrecer una estructura flexible que permitiese a los lectores construir la narrativa global del contenido a través de recursos TIC's y elementos interactivos.

4. Sea claro.

Al hablar en términos de la claridad de un libro, nos referimos a que éste incorpore elementos semióticos que sean de fácil interpretación y lectura, para que el aprendizaje no sea dificultado por problemas ajenos al propio proceso.

Un ejemplo de esto lo hemos visto en el caso de representaciones gráficas que no incluyen ejes coordenados, o en contenidos que son vistos de una forma muy superficial dada la complejidad del tema, pero que finalmente, no contribuyen al aprendizaje del contenido en sí, sino más bien, pueden causar confusiones (contenidos como polarización o interferencia por ejemplo).

También destacamos en este punto, el uso de un lenguaje científico escolar fácil de comprender y cercano al lector a través de las frases que utiliza y los ejemplos que menciona.

En general, se considera que un libro debe ser claro en las formas como expone el contenido para que los significados sean claros y precisos, y no deje paso a interpretaciones erróneas.

5. Sea modelizador

Con esto, englobamos los puntos 1 y 2, indicando que un libro será modelizador cuando haya conexión entre las diferentes relaciones teórico-factuales que incorpore y que, a la vez, dichas conexiones sean coherentes.

El conocimiento adquirido con el estudio del contenido debe ser aplicable a otras situaciones y con un carácter analógico que permita al lector comprender otros fenómenos del mundo que aparentemente no tengan relación entre sí.

6.6 Algunas consideraciones finales

El resultado de esta investigación constituye una propuesta hacia un nuevo tipo de análisis de texto que surge de la combinación de un marco semiótico interpretativo con metodologías de análisis del contenido. A esta propuesta la podemos llamar *análisis semiótico del contenido*, pretendiendo ser una técnica aplicable a los análisis de contenido que abarquen los elementos textuales y no textuales de los libros, considerando estos últimos como elementos semióticos importantes en la construcción de significados.

Respecto al objetivo general planteado, podemos decir que los libros tratan el contenido de ondas a través de formaciones semióticas centradas en modelos interpretativos de la realidad que se corresponden con diversas maneras de mirar el mundo y que constituyen un nexo entre teoría y realidad. El uso de estos MIR permite al libro validar los hechos que da por verdaderos, desarrollar la teoría en torno a ellos e intervenir sobre el mundo a través de ejemplos, preguntas y actividades prácticas que ayuden a dar un sentido al contenido teórico.

Estas formaciones semióticas son patrones encontrados en toda la diversidad de libros analizados, tanto en formato papel como digital, siendo de interés y a modo de prospectiva, la identificación de dichas construcciones en otros libros y contenidos, como una manera de identificar las formas de mirar el mundo a través de los ellos. Del mismo modo, se podrían identificar otros patrones aplicables a otros contenidos, o centrados en otros aspectos que resulten relevantes desde un punto de vista educativo.

Podemos expresar con satisfacción que los objetivos han sido cumplidos a cabalidad permitiéndonos dar un paso más allá de lo inicialmente planteado, y que los resultados obtenidos abren nuevas puertas para el desarrollo de la línea de investigación en torno a los libros de texto sobre los cuales aún hay mucho que decir y aún más, mucho que hacer.

Capítulo 7

REFERENCIAS

- Adúriz-Bravo (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia*. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales, Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica.
- Adúriz-Bravo, A. (2008). *La Naturaleza de la Ciencia*. En libro Área y Estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Área, Manuel (2008). *Innovación pedagógica con tic y el desarrollo de las competencias informacionales y digitales*. Investigación en la escuela 64, 5-18
- Argote, J. y Palomo, R. (2007). *La escuela 2.0.: posibilidades de las nuevas herramientas online que ofrece Internet*. Universidad de Alicante. Disponible [en línea]. en http://www.dgde.ua.es/congresotic/public_doc/pdf/8857.pdf (consulta: 23 de noviembre, de 2010)
- Bolívar, A. (2002). “¿De nobis ipsis silemus?”: *Epistemología de la investigación biográfico-narrativa en educación*. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 4 (1).
- Campanario, J. (2003). *De la necesidad, virtud: cómo aprovechar los errores y las imprecisiones de los libros de texto para enseñar física*. Enseñanza de las ciencias 21 (1), 161-172.
- Cox, 1999). *What motivates teachers to use ICT?* Conferencia presentada en la British Educational Research Association Annual Conference, Brighton, University of Sussex, septiembre 2-5.
- Currículo Oficial de Ciencias de la Naturaleza para la Enseñanza Secundaria Obligatoria en Cataluña (2008) [Traducción propia del original en catalán] http://phobos.xtec.cat/edubib/intranet/file.php?file=docs/ESO/curriculum_eso.pdf

- Chamizo, J. y García, A. (2010). *Modelos y Modelaje en la Enseñanza de las Ciencias Naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Chevellard, Y. (1985) *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. La Pensée sauvage: Paris.
- Deaney, R., Ruthven, K. y Hennessy, S. (2003). *Pupil perspectives on the contribution of information and communication technology to teaching and learning in the secondary school*. *Research Papers in Education*, 18 (2), pp 141-165.
- Darling-Hammond, L. (2001). *El derecho de aprender. Crear buenas escuelas para todos*. Ariel: Barcelona.
- Dávila, K. Y Talanquer, V. (2010). *Classifying End-of-Chapter Questions and Problems for Selected General Chemistry Textbooks Used in the United States*. *Journal of Chemical Education*, 87 (1), 97–101.
- Eco, U. (1974). *La estructura ausente. Introducción a la semiótica*. Barcelona: Lumen.
- Eco, U. (1976). *A theory of semiotics*. Bloomington: Indiana University Press.
- García, S. y Martínez, C. (2003). *Análisis del trabajo práctico en textos escolares de primaria y secundaria*. Enseñanza de las ciencias. Número extra.
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, (2001) *Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico*. Enseñanza de las ciencias, 19 (2), 231-242.
- Gallego, R. (1996). *Discurso constructivista sobre las ciencias experimentales: Una concepción actual del conocimiento científico*. Bogotá: Magisterio
- Gallego, R. (2004). *Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales*. *Revista electrónica de Enseñanza de las ciencias*, 3, (3), pp 301-319.
- García, M. (2007). *Los modelos como organizadores del currículo en biología*. Documento propio departamento de Didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales. Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra.

- García, S. y Martínez Losada, C. (2003). *Análisis del trabajo práctico en textos escolares de primaria y secundaria*. Enseñanza de las ciencias, número extra, 5-16
- Giere, R. (ed.) (1992). *Cognitive Models of Science*. Minneapolis: University of Minnesota Press
- Giere, R. (1999). *Using models to represent reality*. In L. Magnani, N. J. Nersessian, & P. Thagard (Eds.), *Model-based reasoning in scientific discovery*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers
- Gutiérrez, R. (1999). *La causalidad en los razonamientos espontáneos*. Enseñanza de las ciencias, número extra pp. 31-61.
- Halliday, M.A.K. (1978). *Language as social semiotic: The Social Interpretation of Language and Meaning*. Baltimore: University Park Press
- Halliday, M.A.K (1985). *An Introduction to Functional Grammar*. Londres: Edward Arnold.
- Hernández, C. (2008). *Concepciones de ciencia implícitas en libros de texto: el caso de las ondas*. Trabajo de Master no publicado. Universidad Autónoma de Barcelona: Bellaterra.
- Izquierdo, M. (1999). *Memoria de acceso a la plaza de catedrática*. Bellaterra: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Izquierdo, M. (2005 a). *Estructuras retóricas en los libros de ciencia*. *Tarbiya* 36, 11-32
- Izquierdo, M. ed. (2005 b). *Com fer problemàtics els problemes que no en són prou. Noves temàtiques per als problemes de química*. En *Resoldre problemes per aprendre*. Bellaterra: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Izquierdo, M. y Grupo de profesores LIEC (2005 c). *La función retórica de las narraciones en los libros de ciencias*. Enseñanza de las ciencias, Nº extra VII Congreso

- Izquierdo, M. y Aliberas, J. (2004). *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències. Per un ensenyament de les ciències racional i razonable*. Servei Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- Izquierdo, M. (2008). *¿Qué formación científica para el profesorado de Secundaria?* Cuadernos de Pedagogía, 381, 93-95
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M., Pujol, R., Sanmartí, N. (1999) *Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar*. Enseñanza de las ciencias, Número Extra.
- Izquierdo, M., Marzábal, A., Márquez, C. y Gouvea, G. (2007). *Experimental stories in science textbooks*. ESERA 2007. European Science Educational Research Association.
- Jonassen, D., Strobel, J. y Gottdenker, J. (2005). *Model Building for Conceptual Change*. Interactive Learning Environments 13, (1–2), pp 15 – 37
- Justi, R. (2006). *La enseñanza de ciencias basada en modelos*. Enseñanza de las ciencias, 24 (2), pp 173-184.
- Karsenti, T y Lira-Gonzales, M. (2011). *La importancia de la motivación y las habilidades computacionales de los futuros profesores en el uso de las TIC*. Revista Iberoamericana de Educación Superior, Norteamérica, 2 (3) pp 116-129.
- Le Maréchal, J-F (1999). *Modelling student's cognitive activity Turing the resolution of problems based on experimental Facuss in chemistry education*. En Leach y Paulsen (Eds.) Practical work in science education-recent research Studies. Roskilde University Press & Kluwer academic Publisher: Denmark.
- Lemke, J.L. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona, España: Editorial Pardos.
- Lotman, I.M. (2003) "Sobre el concepto contemporáneo de texto" Entretextos nº2. Disponible en Internet: <http://www.ugr.e/~mcaceres/entretextos/pdf/entre2/lotman.pdf>

- Márquez, C. (2002). *La comunicación multimodal en l'ensenyament del cicle de l'aigua*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Márquez, C., Roca, M. y Via, A. (2003). *Plantejar bones preguntes: el punt de partida per mirar, verure i explicar amb sentit*. En Sanmartí, N. et al (2003) *Aprendre ciències tot aprenent a escriure ciència*. Llibres a l'abast. Barcelona: Serie Rosa Sensat.
- Márquez, C., Izquierdo, M. y Espinet, M. (2003). *Comunicación multimodal en la clase de ciencias: El ciclo del agua*. Enseñanza de las ciencias 21 (3), 371–386
- Márquez, C., Izquierdo, M. y Espinet, M. (2006). *Multimodal science teachers' discourse in modeling the water cycle*. Science Education 90 (2), 202-226
- Martin, I. (2002). *Visual imagery in school science texts*. En Otero, J., León, J. Y Graesser, A. *The psychology of science text comprehension*. Mahwah, N.J.: Erlbaum.
- Martín, M., Gómez, M. y Gutiérrez, M. (2000). *La Física y la Química en secundaria*. Narcea. Madrid.
- Marzábal, A. (2010). *Anàlisi del Llibre de text de Química com a discurs didàctic multimodal*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona
- Maurines, L. (1992). *Spontaneous reasoning on the propagation of visible mechanical waves*. International Journal of Science Education, 14(3), 279-293.
- Merino, C. (2009) *Aportes a la Caracterización del Modelo Cambio Químico Escolar*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de de Barcelona.
- Morris, Ch (1962). *Signos, lenguaje y conducta*. Buenos aires, Losada.
- Ogborn, J., Kress, G., Martin, I. y McGillicuddy, K. (1996). *Formas de explicar. La enseñanza de las ciencias en secundaria*. Aula XXI, Santillana. Madrid, España
- Oliva, J. M., Aragón, M. M., Mateo, J. y Bonat, M. (). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias.

- Perales, F. (1993) *La resolución de problemas: una revisión estructurada*. Enseñanza de las ciencias, 11(2) 170-178
- Perales, F. (2006). *Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias*. Enseñanza de las ciencias, 24 (1), 13-20.
- Perales, F. y Jiménez, J. (2002). *Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto*. Enseñanza de las ciencias, 20 (3), 369-386.
- Pintò, R., Saez, M. y Tortosa, M. (2008). *Las tecnologías de la información y comunicación*. En Merino, Gómez y Adúriz-Bravo (coord.) *Áreas y estrategias de investigación en la didáctica de las ciencias experimentales*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Posada, R. (2004). "Formación superior basada en competencias, interdisciplinariedad y trabajo autónomo del estudiante", *Revista Iberoamericana de Educación* (versión digital). Consultado el 15 de febrero de 2011 en: <http://www.rieoei.org/deloslectores/648Posada.PDF>
- Pozo, J.I. y Gómez M.A., (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Ediciones Morata S.L., Madrid, España.
- Rebetez, C., Bétrancourt, M., Sangin, M., Dillenbourg, P. y Molinari, G. (2006). Learning from dynamic visualizations: Decreasing cognitive load and promoting learning? Sig2 Bi-annual meeting *Text and Graphics Comprehension*. University of Nottingham.
- Roca, M. (2008). *Les preguntes en l'aprenentatge de les ciències. Anàlisi de les preguntes dels alumnes en les activitats de la unitat didàctica 'El cicle de l'aigua'* Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona
- Roca, M. y Márquez, C. (2005). *Las preguntas de los libros de texto y la construcción de los modelos científicos*. Enseñanza de las ciencias. Número extra. VII Congreso.
- Rodrigo, M.J. (1997). *Del escenario sociocultural al constructivismo episódico: un viaje al conocimiento escolar de la mano de las teorías implícitas 177-194* en Rodrigo, M.J. y Arnay, J. (comp.). *La construcción del conocimiento escolar*. Barcelona: Paidós

- Rodriguez, G., Gil, J. y García, E. (1999) *Metodología de la Investigación cualitativa*. Málaga: Ediciones Aljibe
- Roth, W., Posser-Ardenghi, L. y Young, J. (2005) *Critical Graphicacy*. Springer: Netherland.
- Saura, O. y De Pro, A. (1999). *¿Utilizan los alumnos esquemas conceptuales en la interpretación del sonido?* Enseñanza de las ciencias, 17 (2), 193-210
- Saussure, F. de (1945). *Curso de lingüística General*. Losada: Buenos Aires
- Saussure, F. de (1959). *Course in general linguistics* (obra original de 1915). Nueva York, philosophical Library/McGraw-Hill.
- Scheiter, K. Y Gerjets, P. (2006). *Using icons and symbols for designing animations in concrete and abstract domains*. Sig2 Bi-annual meeting *Text and Graphics Comprehension*. University of Nottingham.
- Sanmartí, N. (coord.) (2003). *Aprender ciències tot aprenent a escriure ciència*. Barcelona: Edicions 62
- Strauss, A. y Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Universidad de Antioquía.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual Revolution*. Princeton: Princeton University Press.
- Van Dijk, T. (1992). *La ciencia del texto*. Barcelona: Editorial Paidós
- Vasilis, K y Kostas, D (2005/2006). *The Co-deployment of Visual Representations and Written Language as Resources for Meaning Making in Greek Primary School Science Textbooks*. International journal of learning, 12.
- Welti, R. (2002). *Concepciones de estudiantes y profesores acerca de la energía de las ondas*. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas 20, 261-270

Zabala, A. y Arnau, L. (2007). *La enseñanza de las competencias. Aula de Innovación Educativa* 161, pp. 40-46.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|-----|
| Ilustración 1: Diversos agentes involucrados en la implementación del proyecto..... | 14 |
| Ilustración 2. Las preguntas claves de la enseñanza de la ciencia..... | 26 |
| Ilustración 3. Lenguaje como mediador para la comunicación de los contenidos científicos | 32 |
| Ilustración 4. Utilidad del lenguaje científico | 34 |
| Ilustración 5. Ondas y Energía como modelos relacionados | 43 |
| Ilustración 6.Representación gráfica de una onda sinusoidal en 2 dimensiones (a) que se propaga a través del tiempo y (b) que se propaga a través del espacio | 49 |
| Ilustración 7. Áreas de estudio que orientan la metodología | 57 |
| Ilustración 8.Etapas del proceso metodológico..... | 76 |
| Ilustración 9. Proceso metodológico para los aspectos retóricos. | 77 |
| Ilustración 10.Proceso metodológico para los aspectos semióticos..... | 78 |
| Ilustración 11. Proceso metodológico para los aspectos del contenido | 79 |
| Ilustración 12 Red Sistémica para la comunicabilidad del texto. (Izquierdo y otros, 2007) ... | 82 |
| Ilustración 13. Red sistémica para factualidad (Izquierdo y otros, 2007) | 83 |
| Ilustración 14. Red sistémica para factualidad adaptada de Izquierdo y otros (2007) | 84 |
| Ilustración15.Red Sistémica sobre tipos de imágenes (Izquierdo y otros, 2007) complementadas con categorías de elaboración propia | 85 |
| Ilustración 16. Red Sistémica sobre las actividades prácticas. Elaboración propia..... | 88 |
| Ilustración 17. Red Sistémica sobre las preguntas. Elaboración propia a partir de categorías propuestas | 91 |
| Ilustración 18. Red conceptual Libro digital 1..... | 119 |
| Ilustración 19. Niveles de relevanciade las unidades conceptuales..... | 135 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 20. Red teórico-factual, libro tradicional 1 | 168 |
| Ilustración 21. Red teórico-factual, libro tradicional 2 | 173 |
| Ilustración 22. Red teórico-factual, libro digital 1 | 182 |
| Ilustración 23. Red teórico-factual, libro digital 2, capítulo “La luz” | 190 |
| Ilustración 24. Red teórico-factual, libro digital 2, Capítulo “El sonido” | 197 |
| Ilustración 25. Red teórico-factual libro digital 3 | 203 |
| Ilustración 26. MIR, diversas formas de interpretar el mundo a través de las ondas..... | 209 |
| Ilustración 27. Modelo Interpretativo de la realidad como puente entre teoría y mundo .. | 213 |
| Ilustración 28. Diagrama de aplicación de los modelos interpretativos de la realidad | 215 |
| Ilustración 29. Red teórico factual con elementos semióticos del LT1 | 219 |
| Ilustración 30. Red teórico factual y semiótica, libro tradicional 2 | 235 |
| Ilustración 31. Comparativa de fenómenos atribuibles a la luz y al sonido | 310 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| <i>Tabla 1: Habilidades y actividades a desarrollara través de libros digitales y sus respectivas plataformas online.</i> | 55 |
| Tabla 2. Distribución de los contenidos del currículo relacionados con las ondas a lo largo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria..... | 61 |
| Tabla 3. Ejemplo sobre la similitud del contenido de una imagen y una animación | 70 |
| Tabla 4. Resumen de la muestra de libros a utilizar | 75 |
| Tabla 5. Unidades conceptuales por nivel y por libro | 135 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| Gráfico 1. Unidades Conceptuales según relevancia en general..... | 136 |
| Gráfico 2. Unidades conceptuales en los libros de texto | 137 |
| Gráfico 3. Modelos Interpretativos de la Realidad utiizados en las principales ideas teórico- factuales de los libros | 313 |