

INVESTIGACIONES

## Las actividades de los libros de texto de química para la teoría corpuscular y su contribución a la evolución de los modelos explicativos

Textbook activities for the particle theory and its contribution to the evolution of the explanatory levels

*Atividades dos livros de texto de Química para a Teoria Corpuscular e sua contribuição para a evolução dos Modelos Explicativos*

*Ainoa Marzábal Blancafort*

Universidad Católica de la Santísima Concepción (UCSC), amarzabal@ucsc.cl, (41) 2345383

### RESUMEN

A través del estudio de los textos escolares de química de sexto básico a primero medio para la teoría corpuscular, mostramos el tipo de actividades que contienen y como progresan a lo largo de los cursos. El análisis muestra que las actividades son similares: se centran en los mismos hechos paradigmáticos y demandan los mismos procesos cognitivos. Las actividades, a través de los cursos, se van haciendo más complejas, más reiterativas y más centradas en la aplicación de modelos matemáticos, y no se detecta progresión en el nivel explicativo, lo que dificulta la evolución de los modelos explicativos de los estudiantes.

*Palabras clave:* química, libro de texto, actividad, teoría corpuscular, modelo explicativo.

### ABSTRACT

Through the study of chemistry textbooks, from sixth grade to the first course of secondary school for the particle theory, we show the type of activities they contain, and how they progress along the courses. The analysis shows that the activities in textbooks are similar: they focus on the same paradigmatic facts, and require the same cognitive processes. The activities through the courses become more and more complex, repetitive and focused on the application of mathematical models, and it is not detected a progression in the explanatory level, hampering the development of the students explanatory models.

*Key words:* chemistry, textbook, activity, particle theory, explanatory model.

### RESUMO

Por meio do estudo de textos escolares sobre a teoria corpuscular em livros de Química do sexto ano do Ensino Fundamental ao primeiro ano do Ensino Médio, mostram-se os tipos de atividades apresentadas e como eles progredem ao longo dos anos escolares. A análise mostra que, nesses livros, as atividades são similares: centram-se nos mesmos fatos paradigmáticos e solicitam os mesmos processos cognitivos. As atividades vão se tornando mais complexas, mais reiterativas e mais centradas na aplicação de modelos matemáticos a cada ano escolar e não se detecta progressão no nível explicativo, o que dificulta a evolução dos modelos explicativos para os estudantes.

*Palavras chave:* química, livro de texto, atividade, teoria corpuscular, modelo explicativo.

## 1. INTRODUCCIÓN

El libro de texto es un recurso didáctico que, buscando la regulación, adapta la realidad escolarizándola (Moray, 2010). Se trata de un libro que en un número determinado de páginas desarrolla el "contenido de un área o disciplina para un grado o curso escolar, distribuyendo los contenidos en lecciones o unidades; generalmente está pensado para un uso centrado en la comunicación de la lección por parte del docente, y el estudio individual sobre el propio libro, mediante la lectura y la realización de las actividades propuestas" (Parcerisa, 1999:36). Diversas investigaciones ponen de manifiesto que los profesores de ciencias siguen utilizando mayoritariamente el texto escolar para planificar, y que constituye una de las herramientas principales para proponer actividades en el aula (García Herrera, 1996).

En relación a las actividades, dado que los procedimientos no son innatos y deben aprenderse, éstos deberían ser objeto de enseñanza de forma explícita e intencionada (Olivares, 1998). Sería de esperar que los textos actuales prestasen mayor atención a los contenidos procedimentales y, por tanto, introdujesen actividades idóneas para ello, pero aunque los libros de texto han ido incorporando cada vez más actividades, la naturaleza de las mismas no ha cambiado sustancialmente (Caamaño y Vidal, 2001). En este trabajo se exploran las actividades contenidas en los libros de texto de Química chilenos, analizando, desde una perspectiva didáctica, su contribución al aprendizaje.

Para poder profundizar más en el estudio de las actividades, se consideró concretar el estudio a un tópico concreto. Según Gutiérrez, Gómez y Pozo uno de los objetivos de la educación secundaria es "que los estudiantes aprendan a interpretar los fenómenos macroscópicos en términos microscópicos" (2002:192). Este trabajo se ha centrado en la teoría corpuscular por considerarlo un tópico de interés didáctico: constituye una primera aproximación al paso de lo macroscópico a lo microscópico, a partir de un marco teórico con un gran poder explicativo, que según diversas investigaciones los estudiantes empiezan a utilizar desde los diez años (Gómez Crespo, 1996; Benarroch, 2001). Adicionalmente, se centró el estudio en los niveles comprendidos entre sexto año básico y primero medio, lo que nos permite estudiar el tratamiento de este tópico desde su génesis hasta el paso a la educación media.

El objetivo de este trabajo es, entonces, la exploración de las actividades contenidas en los libros de texto de Química chilenos de sexto básico a primero medio para el ámbito de la teoría corpuscular, y su contribución al aprendizaje.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. EL APRENDIZAJE COMO LA EVOLUCIÓN DE LOS MODELOS EXPLICATIVOS

La actividad científica escolar plantea un nuevo modelo de ciencia que se aleja de la ciencia positivista, estática, objetiva, donde la ciencia es un cuerpo de conocimientos que tiene sentido en sí misma, y propone una ciencia entendida como una construcción de los científicos que tiene sentido en el contexto social en el que ha ido evolucionando y se ha ido consolidando (Izquierdo, 2006).

Este modelo epistemológico basado en una concepción naturalista de la ciencia, trasladado al contexto educativo, nos invita a repensar los contenidos de la ciencia escolar

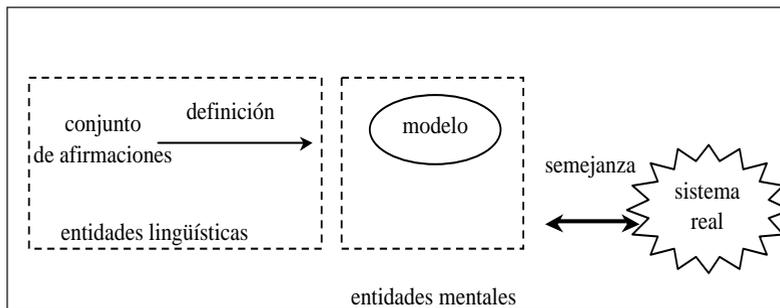
para ir más allá de las grandes teorías como objetivo principal del aprendizaje, y tener también en cuenta aspectos relacionados con la naturaleza del conocimiento científico y su desarrollo (Izquierdo y Aliberas, 2004).

Desde esta perspectiva, a partir de la experiencia construimos representaciones mentales pertinentes a cada situación, que nos permiten comprenderla, y cuánto más complejo es lo que queremos explicar, más necesidad tenemos de un lenguaje que nos permita representarlo y comunicarlo (Izquierdo y Aliberas, 2004). Estas representaciones mentales, a las que Giere llama modelos explicativos, tienen una relación de similitud con la realidad, con un grado de aproximación suficiente para su finalidad (Giere, 1988).

Además, estos modelos tienen un campo de aplicación empírica, es decir, están delimitados por la parte de la realidad que permiten comprender y explicar, mediante un conjunto de hipótesis teóricas que conectan los fenómenos con la explicación que proporciona el modelo. Es por ello que normalmente, en los libros de texto, cada vez que se expone una teoría se proponen también algunos ejemplos representativos como aplicación, seleccionando ejemplos paradigmáticos donde la relación entre la teoría se considera especialmente clara. Estos ejemplos constituyen un aporte necesario para la comprensión de la teoría, ya que el poder explicativo y predictivo de la teoría, y por tanto, el control sobre los hechos, exige relacionar la teoría con aquellos ámbitos a los que puede ser aplicada.

En la figura 1 representamos las relaciones entre los componentes de una teoría, desde la perspectiva de la Actividad Científica Escolar y los modelos explicativos:

Figura 1. Relaciones entre los componentes de una teoría  
(adaptado de Giere, 1988)



MODELO EXPLICATIVO

Por lo que sabemos actualmente de los procesos de aprendizaje de la ciencia (Izquierdo *et al.* 1999), las concepciones de la ciencia centradas en los modelos científicos pueden ofrecer una descripción pedagógica y didácticamente acertada de la relación entre los hechos y la teoría: partiendo de un punto de vista realista, se establece una relación indirecta entre los hechos y la teoría a través de los modelos, y éstos van evolucionando desde formas más sencillas a más elaboradas con el apoyo educativo adecuado y un marco social comunicativo, aproximándose cada vez más a los modelos científicos en el proceso de modelización (Izquierdo y Aliberas, 2004).

Entendiendo la ciencia escolar como un proceso de modelización similar al de la ciencia, podemos afirmar que el conocimiento avanza a medida que se plantean nuevas preguntas (Wartofsky, 1976). Si bien las ideas iniciales de los estudiantes son a menudo alternativas o simples (Pozo y Carretero, 1998), las preguntas formuladas por alumnos, docente o libro de texto son claves en la reconstrucción de estas ideas iniciales. Así, las preguntas constituyen instancias en que los modelos de los estudiantes se ponen a prueba, promoviendo su evolución y, en consecuencia, el aprendizaje. Cuando aplican los modelos explicativos para responder estas preguntas, los estudiantes comprueban su validez. Si los modelos dan los resultados esperados, éstos se ven reforzados y se van consolidando; por el contrario, en caso de comprobarse que los modelos dan resultados incorrectos, se pone en duda el modelo mental, lo que incentiva la evolución hacia un nuevo modelo (Vosniadou, 1994; Justi, 2006).

## 2.2. LAS ACTIVIDADES EN EL PROCESO DE MODELIZACIÓN

En el libro de texto, las preguntas se presentan como actividades, instancias en que los estudiantes interactúan consigo mismos (reflexionando), con sus compañeros, con el profesor, o con otras fuentes de información (Cañal, López, Venero y Wamba, 1993). Podemos definir las actividades como conjuntos organizados y orientados de tareas escolares que promueven la organización y la regulación con el fin de impulsar y facilitar el aprendizaje; y se pueden caracterizar globalmente como situaciones que implican la movilización y el procesamiento de información (contenidos, en sentido amplio), procedente de una o más fuentes de información, empleando unos procedimientos específicos, con el concurso de unos materiales concretos y en relación con unos fines específicos (Cañal, 2000).

Si bien desde una perspectiva tradicional de la enseñanza de las ciencias las actividades ocupan una posición terminal, y tienen como propósito la ejemplificación o comprobación de la teoría o el desarrollo de alguna técnica concreta (Martínez Losada y García Barros, 2003), desde concepciones constructivistas las actividades se consideran un conjunto de tareas con una intencionalidad didáctica que se realizan en las distintas fases del ciclo de aprendizaje con distintas finalidades, según la función que desempeñen en ella (Sanmartí, 2000).

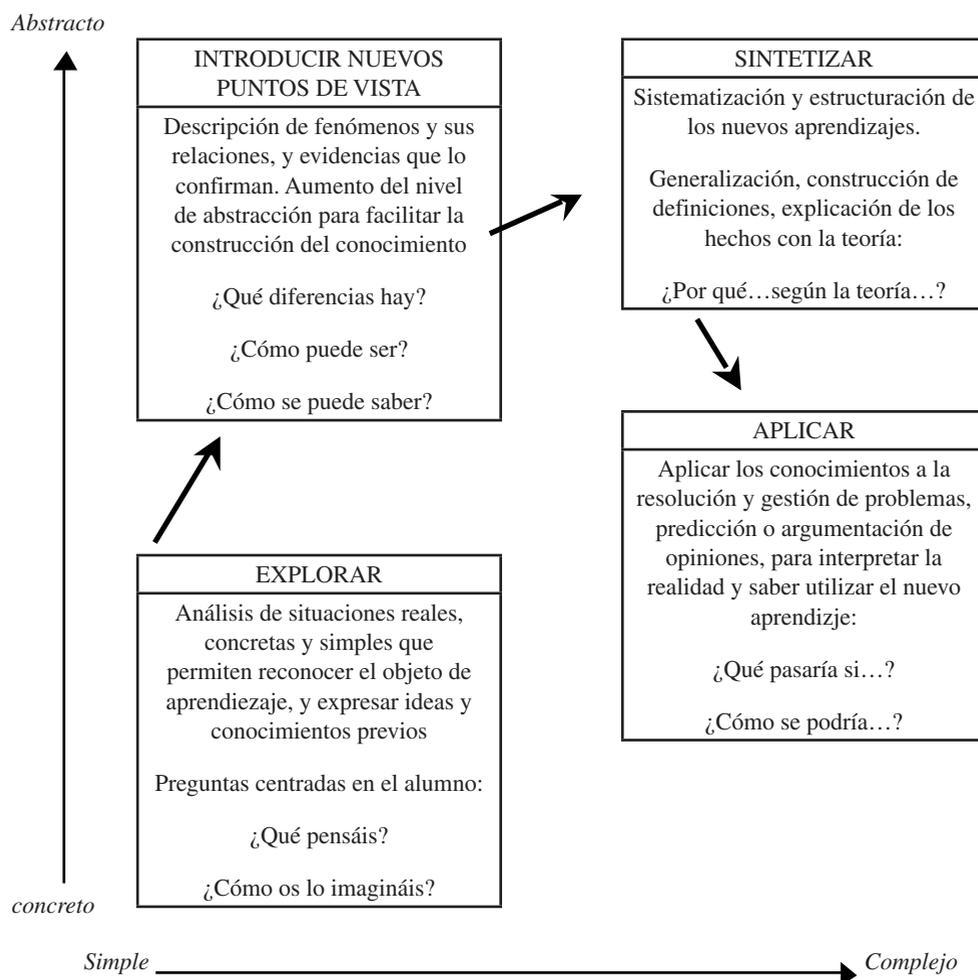
En la figura 2 representamos los diferentes tipos de actividades que se esperarían en cada fase del ciclo de aprendizaje constructivista.

## 2.3. LA TEORÍA CORPUSCULAR DE LA MATERIA

El interés en el estudio didáctico del modelo corpuscular se fundamenta en un buen número de argumentos: es uno de los principales objetivos educativos en la mayor parte de los currículos de ciencias. La discontinuidad de la materia es importante para la ciencia actual como parte de la explicación causal de los cambios en los materiales, su gran poder explicativo y predictivo para explicar situaciones de la vida cotidiana, su potencial para favorecer el trabajo con modelos y su importancia tanto en la Química como en la Biología y la Educación Ambiental (Pozo, Gómez Crespo, Limón y Sanz, 1991).

Precisamente porque los estudiantes empiezan a intuir la naturaleza corpuscular de la materia desde edades tempranas, uno de los aspectos con más producción académica

Figura 2. Tipos de actividades en las fases del ciclo de aprendizaje  
 (Sanmartí, 2000; Roca, 2005)



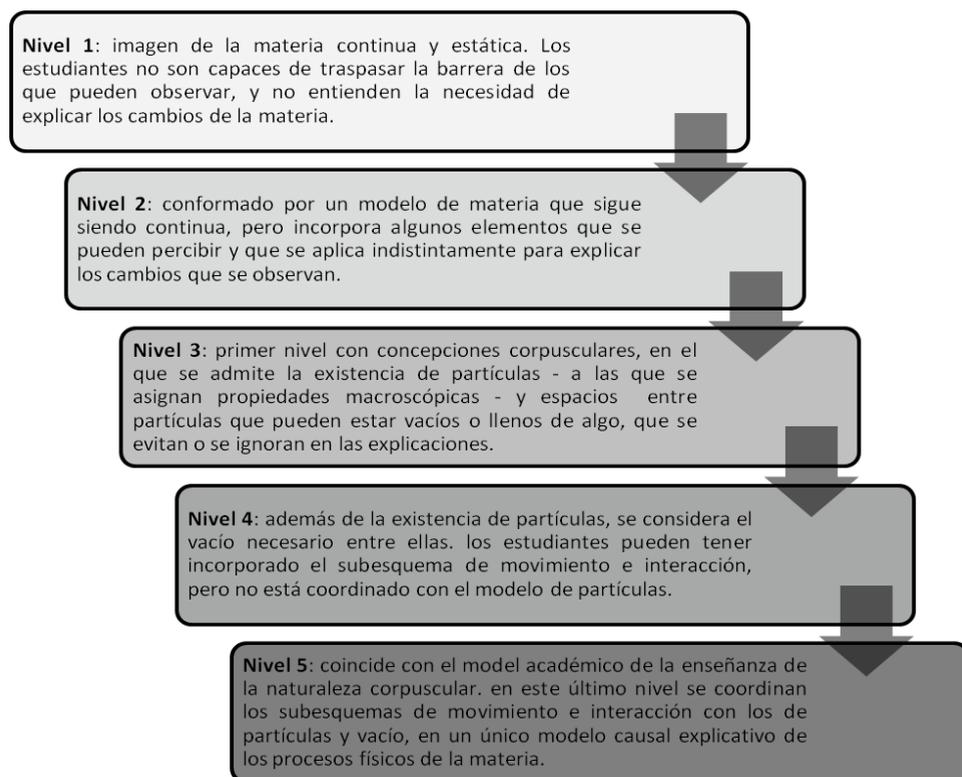
son las investigaciones didácticas referidas a las ideas iniciales de los estudiantes. El reto importante que se ha abordado, según los autores de estas investigaciones, ha sido "dilucidar cómo evoluciona con la edad y con la experiencia escolar el conocimiento del alumno sobre la naturaleza de la materia" (Benarroch, 2000: 237).

Desde una concepción piagetiana, esta evolución debería tener lugar de forma natural; desde la visión de los investigadores de las ideas alternativas, siguiendo la propuesta de Bachelard y el cambio conceptual, estas ideas son muy persistentes, y por tanto, difíciles de cambiar.

Los datos experimentales, sin embargo, parecen indicar que ni la evolución es tan natural como sugiere Piaget, ni tan dificultosa como sugiere Bachelard. Éstos muestran que los esquemas iniciales de los niños evolucionan tanto con el desarrollo como con el aprendizaje, en el primer caso de forma espontánea, y en el segundo inducida o basada en la instrucción. El dato más significativo que cabe resaltar es que alimentando los esquemas del sujeto a partir de la instrucción, se puede acelerar su desarrollo cognoscitivo (Benarroch, 2001).

Benarroch (2000) ha logrado identificar y caracterizar los diversos modelos explicativos por los que transitan los estudiantes desde las ideas espontáneas hasta el modelo que coincide con la enseñanza académica, y que se representan en la figura 3.

*Figura 3.* Niveles explicativos de los estudiantes sobre la naturaleza corpuscular de la materia (Benarroch, 2000)



Los datos a los que anteriormente hacíamos mención sugieren que los cambios más comunes son los que implican la progresión de un nivel al siguiente, pero se detectan grandes dificultades en el paso del segundo al tercer nivel, que implicaría el paso de un modelo continuo a discontinuo, ya que tiene requerimientos operativos, o en todo caso más generales que el resto, razón por la cual no parece que pueda conseguirse en cortos periodos de tiempo.

En una interpretación cognitiva posterior, la autora constata que para alcanzar un nivel de desarrollo adecuado, los estudiantes necesitan ser ayudados sucesivamente en generalizar la visión discontinua de la materia, favorecer la construcción de la noción de vacío entre moléculas y mostrar la utilidad de incorporar los aspectos dinámicos (movimiento e interacción) al modelo corpuscular (Benarroch, 2001). Para que eso suceda, es necesario que la ejecución de las preguntas y actividades propuestas implique, necesariamente, la incorporación progresiva de los diferentes elementos del modelo, de forma que los modelos anteriores no den respuestas satisfactorias, y eso logre promover la evolución del modelo explicativo de los estudiantes.

### 3. METODOLOGÍA

El trabajo de investigación que se presenta tiene como objetivo la exploración de las actividades que presentan los libros de texto para el abordaje de la teoría corpuscular, lo que se enmarca en un paradigma cualitativo, mediante un análisis de tipo interpretativo, que busca la intencionalidad en las acciones para la comprensión de un fenómeno (Galagovsky y Muñoz, 2002). La metodología usada es el estudio de casos para desarrollar abstracciones concretas y particulares referidas a la muestra analizada (Merriam, 1998).

La muestra considerada incluye un libro de texto para cada uno de los niveles educativos considerados: un total de cuatro libros de texto en los que se analizan más de doscientas actividades. En todo caso, la investigación no tiene el propósito de que la muestra represente a la población, y por tanto universalizar los resultados, sino que su intencionalidad apunta a la obtención de la máxima información –y comprensión– posible de un fenómeno: cómo las actividades de los libros de texto de Química chilenos abordan la teoría corpuscular de la materia.

Para el análisis se utilizan tres estrategias metodológicas que, desde nuestro punto de vista, son complementarias y proporcionan un buen nivel de caracterización de las actividades.

La primera propuesta se refiere al estudio de las actividades en términos de su aporte a la construcción del conocimiento científico (Roca, 2005). En la tabla 1 se muestran las categorías propuestas por la autora, con ejemplos asociados.

Según la autora, la construcción de la explicación científica se inicia con actividades de tipo descriptivo, de explicación causal y de comprobación, que promueven la observación y el establecimiento de relaciones y evidencias en la teoría. Este tipo de actividades lleva a la generalización, es decir, a la elaboración de una explicación o teoría. Finalmente, esta teoría se pone a prueba ante nuevas situaciones sobre las que se plantean predicciones e hipótesis, se plantea la gestión de las situaciones o se da la opinión. Es en estas últimas actividades que el modelo explicativo se pone a prueba contrastándolo con los hechos reales o fenómenos que debe explicar (Roca 2005).

*Tabla 1.* Tipo de actividad según su contribución a la construcción del conocimiento científico (Roca, 2005)

Tipo de actividad	Preguntas que la pueden favorecer	Ejemplos
Descripción	¿Cómo? ¿Dónde? ¿Cuáles? ¿Cuántos? ¿Qué ocurre? ¿Como ocurre?	¿Cuáles son los elementos que forman La familia de los halógenos?
Explicación causal	¿Por qué? ¿A causa de qué? ¿Cómo es que?	¿Qué carga tiene el núcleo de un átomo? Razona la respuesta
Generalización - Definición	¿Qué es? ¿Pertenece a tal grupo? ¿Qué diferencia hay? ¿Por qué, según la teoría?	¿Qué ventajas tienen los metales respecto de otros materiales?
Comprobación	¿Cómo se puede saber? ¿Cómo lo saben? ¿Cómo se hace? ¿Se puede demostrar que? ¿Son posibles los resultados, en la prueba...?	Cuando el agua se solidifica, ¿aumenta o disminuye su volumen? Diseña una experiencia para comprobarlo.
Predicción	¿Qué consecuencias? ¿Qué puede pasar? ¿Podría ser? ¿Qué pasará si? Formas verbales de futuro o condicionales.	¿Crees que se secará antes un vaso si lo colocamos bajo una campana extractora?
Gestión	¿Qué se puede hacer para...? ¿Cómo se puede resolver?	Muchos de los materiales que utilizamos están hechos de elementos poco abundantes. ¿Qué consecuencias podría tener esta práctica y cuál sería una posible solución?
Opinión valoración	¿Qué piensas? ¿Qué opinas? ¿Qué es para ti más importante?	Los ecologistas critican que se construyan grandes represas. ¿Qué opinas tú de este tema?

La segunda propuesta considerada es la de Martínez Losada y García Barros (2000), que focaliza en el objetivo didáctico de las actividades, proponiendo cinco objetivos posibles (tabla 2).

*Tabla 2.* Tipo de actividad según su objetivo didáctico (Martínez Losada y García Barros, 2003)

Tipo de actividad	Descripción categoría	Ejemplos
Aplicación de la teoría	Aplicación directa de la teoría dada previamente en el texto. Actividades de tipo reproductivo.	¿Qué es una sustancia pura? Nombra algunas sustancias puras que conozcas.
Obtención de nuevos conocimientos	Son actividades intercaladas en el tema de las que no se da información previa.	Busca información sobre la nieve carbónica y explica qué es, para qué se emplea y qué propiedades tiene.

Detección de ideas previas	Actividades que se sitúan al inicio de capítulos o apartados, para que el estudiante aporte explicaciones de fenómenos o situaciones que evoquen recuerdos sobre objetos o hechos.	Di si la siguiente frase es verdadera o falsa: Cuando se vacía una botella de agua queda sin materia en su interior.
Desarrollo de técnicas	Se basan en la automatización de técnicas de representación o de cálculo.	Calcula la concentración de una disolución que contiene 50 g de soluto en medio litro de disolución.
Indagación	Se trata de actividades que plantean situaciones problemáticas que promueven el diseño experimental y/o el método científico para responderlas.	¿Cómo puedes conocer la estructura química de la lana, el algodón o el pelo?

Finalmente, se complementa la caracterización de las actividades identificando el nivel explicativo que, como mínimo, debe poseer el estudiante para poder realizar una actividad, considerando las categorías e indicadores que aparecen en la figura 2.

#### 4. DATOS

A continuación representamos los datos obtenidos a partir del análisis de las actividades contenidas en los libros de texto, para cada uno de los niveles estudiados.

En primer lugar, en la tabla 3 se presentan los tipos de actividades según su contribución a la construcción del modelo científico y su objetivo didáctico, y a continuación, en la figura 4, se representan gráficamente estos resultados.

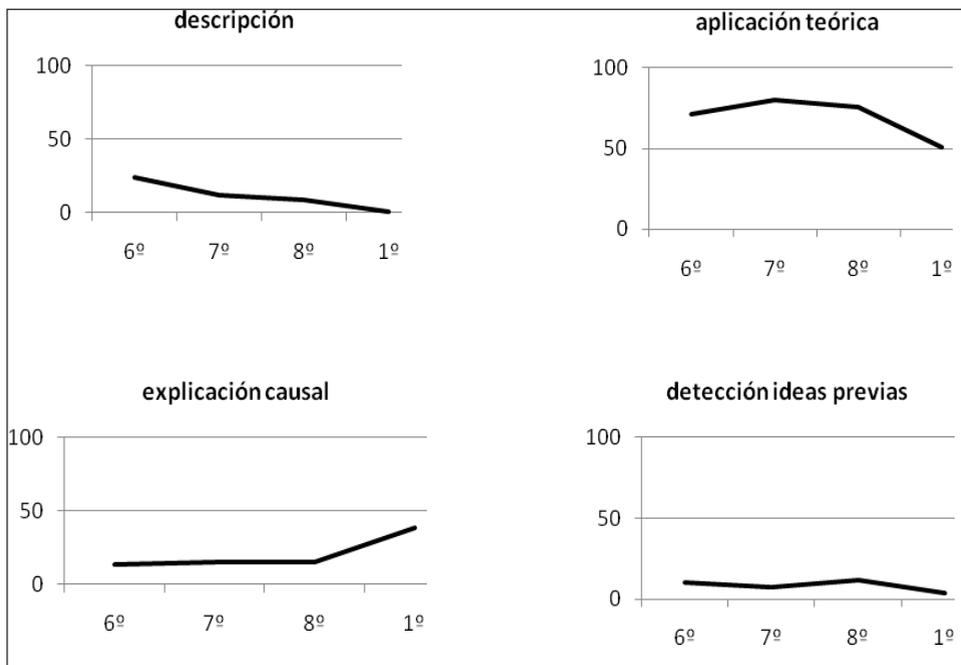
Para su comparación, los datos se expresan en porcentajes.

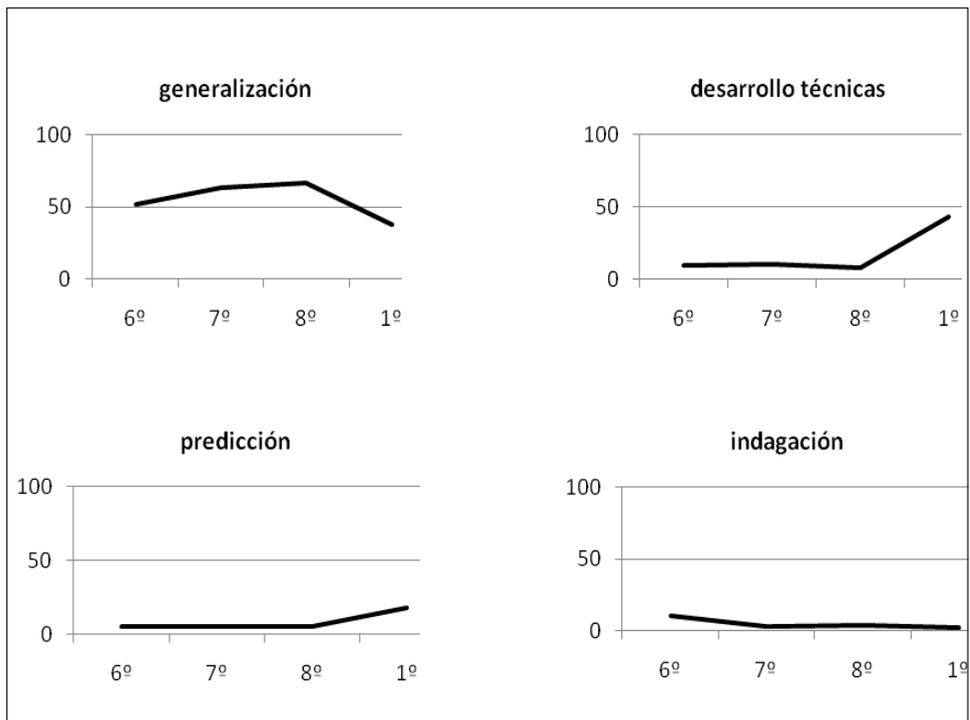
Tabla 3. Datos para el análisis del tipo de actividades, por curso y país

Tipo actividad	6° b	7° b	8° b	1° m
Descripción	24	12	9	1
Explicación causal	14	15	15	39
Generalización	52	63	67	38
Comprobación	0	0	0	0
Predicción	5	5	5	18
Gestión	5	5	4	4
Opinión-valoración	0	0	0	0

Aplicación teoría	71	80	76	51
Obt nuevos conoc.	0	0	0	0
Det. ideas previas	10	7	12	4
Desarrollo técnicas	9	10	8	43
Indagación	10	3	4	2
Predicción	5	5	5	18
Gestión	5	5	4	4
Opinión-valoración	0	0	0	0
N° de actividades	21	41	58	90

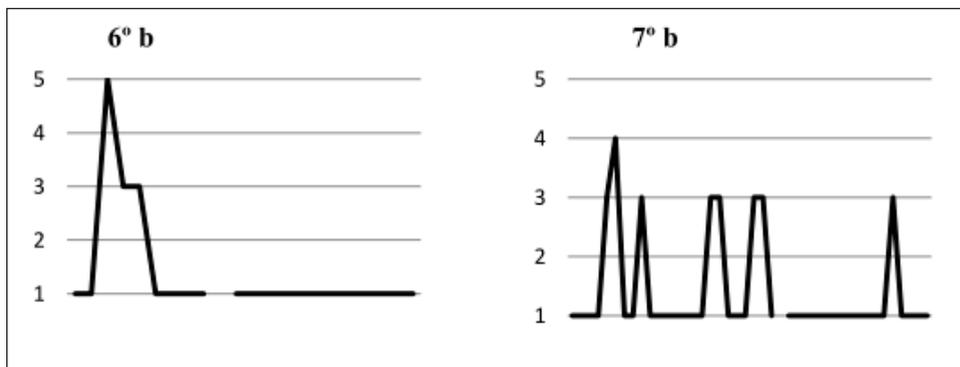
Figura 4. Representación de la evolución de los tipos de actividad a lo largo de los cursos estudiados





A continuación, en la figura 5, se representa la progresión del nivel explicativo en la secuencia de actividades propuesta en el libro de texto.

*Figura 5.* Representación de la evolución de los niveles explicativos a lo largo de los cursos estudiados





medida que avanza la escolaridad, las actividades centradas en la observación (descripción) y en la consolidación de los elementos teóricos (generalización) van disminuyendo progresivamente, y dan paso a actividades que promueven el establecimiento de relaciones causales y de predicción (Roca, 2005).

Desde la perspectiva de la modelización de la Actividad Científica Escolar, este tipo de actividades promueven la evolución de los modelos explicativos de los estudiantes, porque ponen a prueba la relación que establecen entre la teoría y los hechos. En primer lugar, las actividades de explicación causal evidencian las relaciones entre las propiedades observables de la materia y sus cambios físicos con su estructura interna, introduciendo las nociones de discontinuidad, vacío y movimiento / interacción entre las partículas. Los modelos explicativos se ponen definitivamente a prueba en las actividades de predicción, contrastando las hipótesis de los estudiantes con el fenómeno para validar el modelo explicativo (Justi, 2006).

A pesar de que sería deseable que las actividades contemplaran tareas de diseño experimental y de gestión de los fenómenos, para verlos como sucesos sobre los que podemos actuar, y de opinión o valoración, se puede considerar que la propuesta de los libros presenta una progresión adecuada desde este punto de vista.

En lo que se refiere a los objetivos didácticos, la mayoría de las actividades se centran en la aplicación de la teoría, lo que sería coherente con las actividades de explicación causal y de predicción. Uno de los aspectos a destacar de los libros de texto chilenos es la presencia de actividades que promueven la exploración de las ideas iniciales, y las actividades metacognitivas.

Por otra parte, los libros presentan pocas actividades que promuevan la indagación, es decir el diseño experimental. La ausencia de estas actividades parece indicar un rol cada vez menos activo del estudiante en la resolución de situaciones problemáticas vinculadas a la teoría corpuscular, lo que se confirmaría con la baja frecuencia de preguntas de gestión. Precisamente el planteamiento de situaciones problemáticas, y la intervención sobre ellas dan una idea del uso del modelo teórico en situaciones reales, lo que constituye uno de los objetivos de la alfabetización científica (Izquierdo y Aliberas, 2004).

Un aspecto a tener en cuenta es el aumento progresivo de actividades centradas en el desarrollo de técnicas, y que conecta con la aparente falta de pautas intencionales en los niveles explicativos de las actividades. Claramente, éste es el aspecto fundamental a revisar en los libros de texto de ciencias, que no logran plantear actividades que se sitúen en niveles superiores sin regresar, en algún momento, a la naturaleza continua de la materia.

Mientras que las actividades con niveles altos pueden lograr el conflicto respecto al modelo explicativo inicial del estudiante, la aparición a continuación de actividades que validan de nuevo los modelos iniciales dificulta la evolución de los modelos explicativos. El libro de texto, con el planteamiento actual, no logra establecer claramente situaciones en las que se mantengan niveles explicativos altos (Vosniadou, 1994; Justi, 2006).

En los últimos cursos, la introducción de actividades con un alto índice de matematisación de los contenidos se centran en el cálculo de los valores de las variables volumen, temperatura y presión de un gas, pero se centran en las propiedades macroscópicas y por tanto en el primer nivel explicativo, sin llegar a razonar la dependencia entre estas variables, que es el aspecto fundamental en el modelo corpuscular de la materia (Benarroch, 2000).

## 7. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

El tipo de actividades que contienen los libros de texto, tanto desde la perspectiva de la construcción del conocimiento científico como de su objetivo didáctico, sugieren que el foco de atención a lo largo de los cursos se va desplazando desde actividades centradas en la fase del ciclo de aprendizaje de introducción de nuevos puntos de vista y generalización, hacia actividades de aplicación. Además, la presencia de actividades de detección de ideas previas y metacognitivas, desde la concepción constructivista (Sanmartí, 2000), tiene implicaciones importantes en el inicio y la conclusión del ciclo de aprendizaje, en los cuáles el estudiante toma conciencia de su modelo explicativo al inicio, y de los cambios que ha experimentado al final, contribuyendo así a la regulación del aprendizaje. Así, podemos concluir que los textos escolares de todos los cursos contienen actividades que siguen el ciclo constructivista del aprendizaje, aunque en los primeros cursos se centran en la introducción de teoría y generalización, con una orientación más reproductiva, y en los cursos superiores se centran en la aplicación de una tipología de actividades que facilitarían el desarrollo de los modelos explicativos, y por tanto del aprendizaje (Sanmartí, 2000).

Por el contrario, la ausencia de actividades de indagación, de comprobación, de opinión, sugieren poca variabilidad en el tipo de actividades, y un rol poco activo del estudiante, con actividades propuestas que, en general, esperan una estrategia de resolución y una respuesta cerrada. Encontramos pautas cerradas y repetitivas en el tipo de actividades, así como también en las situaciones que presentan, lo cual dificultaría la conexión entre la teoría y los hechos del mundo real, y las posibilidades de aplicar la teoría corpuscular para intervenir en situaciones reales.

A partir de las conclusiones de este estudio se pueden extraer algunas implicaciones tanto para el diseño como para el uso de libros de texto en las aulas. Las actividades contenidas en los libros de texto muestran progresiones similares y adecuadas en el tipo de actividades, aunque sería deseable introducir más actividades de gestión e indagación y ampliar las situaciones propuestas para extender los ámbitos de aplicación de la teoría corpuscular, y explorar sus aplicaciones. Sin embargo, la evolución de los modelos explicativos no puede ser eficaz si no se proponen actividades con una progresión intencionada de los niveles explicativos, que logren un avance progresivo que consolide la evolución de los modelos de los estudiantes.

En este sentido, el uso de los niveles explicativos propuestos por Benarroch (2001), se muestra como un buen criterio metodológico tanto para el análisis de actividades relacionadas con la teoría corpuscular, como para trazar “una hoja de ruta” para la planificación de actividades didácticas en el aula, como un elemento crítico para lograr el aprendizaje de los estudiantes. La selección de actividades que se realice para su aplicación en el aula no sólo debería obedecer al criterio de la tipología de actividades y de contextos asociados a ellas, sino también a la progresión intencionada de los niveles explicativos requeridos para resolverlas. Así mismo, sería deseable que los libros fueran capaces de ampliar los ámbitos de aplicación de las actividades que proponen, para que los estudiantes puedan relacionar la teoría corpuscular con un número mayor de situaciones, especialmente aquellas que les sean familiares, como parte fundamental del aprendizaje de las ciencias y de la alfabetización científica (Izquierdo y Aliberas, 2004).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benarroch, A. (2000). El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 18, n. 2, 235-246.
- \_\_\_\_\_ (2001). Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las ciencias*, vol. 19, n. 1, 123-134
- Caamaño, A.; Vidal, F. (2001). Las ciencias de la naturaleza en la ESO. Una visión desde Cataluña. *Alambique*, 27, 31.
- Cañal, P. (2000). Las actividades de enseñanza. Un esquema de clasificación. *Investigación en la escuela*, n. 40, 5-21.
- Cañal, P., López, J.I., Venero, C. y Wamba, A. (1993). El lugar de las actividades en el diseño y desarrollo de la enseñanza: ¿cómo definir las y clasificarlas? *Investigación en la escuela*, n. 19, 7-13.
- Galagovsky, L.R. y Muñoz, J.C. (2002). La distancia entre aprender palabras y aprehender conceptos. El entramado de palabras-concepto (EPC) como un nuevo instrumento para la investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 20. n. 1, 29-45.
- García Herrera, A. P. (1996). *Los usos del libro de texto en la práctica docente cotidiana de tercero y cuarto de primaria: Un estudio cualitativo*. México: DIE – CINVESTAV.
- Giere, R. (1988). *Explaining Science. A Cognitive Approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- Gómez Crespo, M.A. (1996). Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n. 7, 37-44.
- Gutiérrez, M.S.; Gómez, M.A. y Pozo, J.I. (2002) Conocimiento cotidiano frente a conocimiento científico en la interpretación de las propiedades de la materia. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol. 7, n. 3, 191-203.
- Izquierdo, M. (2006). Por una enseñanza de las ciencias fundamentada en valores humanos. *RMIE*. Vol. 11 (30), 867-882
- Izquierdo, M., y Aliberas, J. (2004). *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona: Material 173.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 17, n. 1, 45-59.
- Johnsen, E. B. (1996) *Libros de texto en el calidoscopio. Estudio crítico de la literatura y la investigación sobre los textos escolares*. Barcelona: Ediciones Pomares-Corredor.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, n. 24, 173-184.
- Martínez Losada, C. y García Barros, S (2003). Las actividades de primaria y ESO, incluidas en libros de texto. ¿Qué objetivos persiguen? ¿Qué procedimientos enseñan? *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 21, n. 2, 243-259.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Moray, M. L. (2010). *El libro de texto escolar didáctico y el material literario auténtico. Una mirada a la cultura material de la escuela*. Documento de coordenadas en Investigación educativa.
- Olivares, E. (1998). *¿Cómo se hace? Los contenidos procedimentales en ciencias experimentales en secundaria*. Madrid: Narcea-MEC.
- Parcerisa, A. (1999). *Materiales curriculares. Cómo elaborarlos, seleccionarlos y usarlos*. Barcelona: Graó.
- Pozo, J. I. y Carretero, M. (1998). *Las explicaciones causales de expertos y novatos en Historia*. En M. Carretero; J. I. Pozo y M. Asensio (eds.), *La enseñanza de las Ciencias Sociales*. Madrid: Visor.
- Pozo, J.I., Gómez Crespo, M.A., Limón, M. y Sanz, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: Servicio de Publicaciones del MEC.

- Roca, M. (2005) Las preguntas de los libros de texto y la construcción de los modelos científicos. *Enseñanza de las ciencias*, n. esp. VII Congreso
- Sanmartí, N. (2000). *El diseño de unidades didácticas*. En F.J. Perales y P. Cañal (eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 239-266). Alcoy, España: Marfil.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, vol. 4, n. 1, 45-69.
- Wartofsky, M. W. (1976). *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Madrid: Alianza.