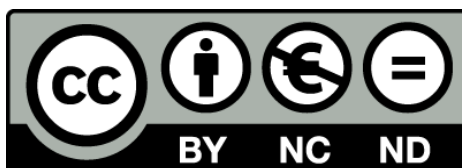


**Teoría, estructura y modelos atómicos
en los libros de texto de química
de educación secundaria.
Análisis desde la sociología de la ciencia
e implicaciones didácticas**

Diana María Farías Camero



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial – SenseObraDerivada 3.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial – SinObraDerivada 3.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0. Spain License.**



UNIVERSIDAD DE BARCELONA

FACULTAD DE FORMACIÓN DEL PROFESORADO

Programa de Doctorado: Formación del Profesorado
Práctica Educativa y Comunicación

Línea de Investigación: Didáctica de las Ciencias Experimentales

TESIS DOCTORAL

PRESENTADA PARA OPTAR AL GRADO DE
DOCTOR POR LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA

TEORÍA, ESTRUCTURA Y MODELOS ATÓMICOS
EN LOS LIBROS DE TEXTO DE QUÍMICA
DE EDUCACIÓN SECUNDARIA
ANÁLISIS DESDE LA SOCIOLOGÍA DE LA CIENCIA
E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

Doctoranda: Diana María Farías Camero

Director de la Tesis: Josep Castelló Escandell

Barcelona, mayo de 2012

CAPÍTULO 7

RESULTADOS

Este capítulo presenta los resultados de esta investigación estructurados en cinco secciones. Primero aparecen los resultados del análisis de redes; en la sección dos, los resultados acerca de la información sobre la ciencia y la práctica científica; en la sección tres, los resultados de la información referente a la dimensión temporal e histórica; en la sección cuatro, los resultados correspondientes al análisis descriptivo de las imágenes y finalmente, en la sección cinco se analizan en detalle cuatro casos particulares que permiten comparar: el estatus de la física y la química en el auge del positivismo, el papel de las biografías, los libros que explícitamente se interesan por HFC y el digital text. Así, en la sección uno es posible hacerse una idea de la manera cómo se conectan y “socializan” los diferentes elementos que permiten describir cómo circula la ciencia en el libro de texto; con la información de la sección dos es posible adentrarse en aspectos referentes a la naturaleza de la ciencia y algunas consideraciones epistemológicas explícitas en los libros analizados; en la sección tres es posible ver los resultados que pueden ayudar a entender la dimensión histórica a través de las referencias al pasado de la ciencia; en la sección cuatro es posible ver qué relación tiene el manejo del recurso visual con la imagen de ciencia y práctica científica que se transmite y finalmente, con los estudios particulares de la sección cinco es posible puntualizar algunos aspectos interesantes sobre los libros analizados.

7.1. ANÁLISIS DE LAS REDES

En el anexo 4 se presentan las redes correspondientes a los sesenta y un libros analizados. Para cada libro aparece el “esqueleto” de la red sin los nombres de los nodos, un gráfico que permite visualizar la distribución porcentual de los nodos para cada atributo, la red con etiquetas, y una tabla con los valores de rango para cada nodo. Así, podemos entender que la información que nos interesa extraer del análisis de las redes se refiere, en primera instancia, a cuáles son los tipos de nodos que más abundan en las redes. Esta información nos permitirá determinar cuantitativamente cuáles son los atributos

alrededor de los cuales gira el relato de la actividad científica en el libro de texto. Como segundo punto, nos interesan las redes en un sentido macro, cuán grandes son, cuán complejas, enmarañadas y conectadas, y finalmente, las redes en sentido micro, cuáles son los nodos más conectados, los más relevantes.

7.1.1. Distribución de los nodos

La tabla 3 presenta los porcentajes de distribución globales de los nodos para cada libro. Un primer resultado interesante es que en ninguno de los libros de texto hay nodos pertenecientes a las categorías III, financiación y IV, representación pública. Este resultado parece obvio si consideramos que desde la teoría sociológica tradicional y desde algunas posiciones en la historiografía de la ciencia, se encuentran en la esfera de los factores que se asumen como externos a la actividad científica, la cual se considera verdadera, objetiva y pura en la medida que se mantiene alejada de todo tipo de intereses institucionales, estratégicos, financieros, económicos, religiosos o políticos (Heese 1973, Serres 1998, Latour 2001). Esta idea sirvió para elaborar una imagen de ciencia promovida por el positivismo y el popperianismo que sin duda se extendió hasta la escuela (de manera no necesariamente explícita).

Así, esos elementos “externos a la ciencia” como la financiación y la relación de los científicos con la esfera de lo público quedaron al margen del relato científico y es por ello que han estado ausentes de los libros de texto más de un siglo, sin importar que después de la década de los sesenta el estudio histórico de casos haya llegado hasta la filosofía de la ciencia y cambiado radicalmente la mirada hacia la influencia de los aspectos sociales sobre la dirección, medios y motivaciones de la actividad científica (Solís 1994). Incluso alcanzó la enseñanza de las ciencias a nivel curricular; así, Matthews (1994) destaca cómo en el proyecto 2061 de la AAAS se asume una postura de externalismo moderado, que reconoce a la ciencia como una actividad social que inevitablemente refleja los valores sociales y los puntos de vista, siendo afectada por influencias informales, por la cultura de la ciencia e incluso por las agencias de financiamiento.

Libro	Vínculo	Humano	No humano	Nodo II Otros	Lugar	Nodo II Disciplinar	Instrumento	Experimento	Institución	Equipamiento	Laboratorio	Nodo I Otros	Asociaciones
1	70,59		11,76	17,65									
2	60,0	6,67	13,33	13,33		6,67							
3	100												
4	47,37	5,26	15,79	26,32	5,26								
5	71,43		14,29	9,52		4,76							
6	65,51	3,45	24,14	3,45		3,45							
7	40,68	16,95	30,51	6,78			3,39	1,69					
8	48,78	12,2	12,2	9,76	2,44		14,62						
9	46,15	15,38	34,62			3,85							
10	59,57	12,77	21,28	2,13			4,25						
11	30,67	14,77	9,09	4,55	26,14	1,14			13,64				
12	62,5	18,76	6,25	6,25	3,12	3,12							
13A	87,8		7,32	4,88									
13B	49,35	20,78	20,78	6,49			1,3	1,3					
14	46,07	17,98	25,84	2,25	1,12			1,12	4,50			1,12	
15	86,67	3,33	6,67	3,33									
16	93,33					6,67							
17	55,56	15,56	24,44	2,22				2,22					
18	80	8,57	11,43										
19	100												
20	66,67	11,11	16,67	5,55									
21	70,96	3,23	19,35	3,23						3,23			
22	73,53	14,71	11,76										
23	80,95		4,76	14,29									
24	89,48	5,26	5,26										
25	86,35	4,55	4,55	4,55									
26	96,15		3,85										
27	77,42	6,45	9,68	6,45									
28	64,58	20,84	14,58										
29	65,22	8,69	13,04	4,35			8,7						
30	72,72	13,64	13,64										

Libro	Vínculo	Humano	No humano	Nodo II Otros	Lugar	Nodo II Disciplinar	Instrumento	Experimento	Institución	Equipamiento	Laboratorio	Nodo I Otros	Asociaciones
31	52,63	15,79	15,79	5,26			10,53						
32	50,00	12,5	16,66	4,17	8,33	4,17	4,17						
33	41,89	25,68	24,32	4,06		1,35	1,35	1,35					
34	70,59	11,76	14,71	2,94									
35	60,46	18,6	16,28	2,33	2,33								
36	55,07	20,29	15,94	2,9			4,35	1,45					
37	42,11	28,95	21,05	2,63			2,63	2,63					
38	61,11	20,37	11,11	5,56			1,85						
39	64,1	19,24	12,82	1,28	1,28			1,28					
40	56,34	9,85	18,31	8,45	1,41	1,41	2,82	1,41					
41	31,65	29,5	20,14	2,16	8,63		2,88	3,6		1,44			
42	69,23	11,54	7,69	7,69			3,85						
43	72	16	8	2				2					
44	62,86	5,71	20,01	5,71			5,71						
45	49,09	16,36	27,27				3,64	3,64					
46	51,56	21,89	20,31	1,56	1,56		1,56	1,56					
47	40,84	22,53	18,31	2,82	7,04	2,82	2,82	1,41		1,41			
48	50	16,67	21,43	7,14	2,38			2,38					
49	44,34	16,99	15,09	5,66	7,55	1,89	1,89	0,94	0,94	3,77	0,94		
50	62	22	14				2						
51	53,33	17,78	20,01	2,22					4,44				2,22
52	44,44	25,93	25,93		3,7								
53	38,24	20,59	26,47		5,88		2,94	2,94	2,94				
54	40,59	26,73	16,83	0,99	0,99		1,98	9,91	0,99	0,99			
55	30,77	28,85	26,92	7,69			1,92		3,85				
56	38,89	27,78	19,44	2,78	2,78		8,33						
57	48,38	18,64	25,63	1,89	3,57			1,89					
58	35,25	27,87	20,49	4,1	2,46	0,82	4,1	1,64	3,28				
59	53,49	27,91	18,6										
60	29,76	35,72	17,86	7,14	2,38	1,19		2,38	1,19		2,38		

Tabla 3. Distribución porcentual de los nodos por categorías para cada libro de texto.

Lo anterior hace evidente el hecho de que la tendencia historiográfica que predomina en los libros de texto es la que considera que cada episodio de la ciencia está compuesto por dos tipos de historias distintas, una externa y una interna, siendo esta última la que predomina en los libros analizados. Esta historia está plena de conceptos, limpia de influencias, lo que podemos relacionar con el segundo resultado destacable del análisis de nuestras redes, el hecho de que los vínculos sean los nodos mayoritarios en la forma como se mueve la ciencia. En la tabla 3 podemos apreciar cómo en 40 de los 61 libros más del 50% de los nodos son vínculos y como incluso en dos de los casos no hay nodos en otras categorías. Estos últimos libros marcan un extremo del espectro de posibilidades en los que se pueden clasificar los libros de la muestra analizada, y que vamos a denominar libros “inhumanos”.

En ellos, la ciencia se explica por sí misma, consiste de productos finales, reflejo del mundo natural, y de la relación entre ellos. En estos libros no son necesarios los humanos o cualquier elemento que implique su existencia. La ciencia es reflejo de lo que Knain (2001) asocia a una ideología de la ciencia como conocimiento factual y que desde lo discursivo ha sido explicado por Izquierdo (2005) por el predominio de narrativas de tipo apodíctico y por González y Sierra (2003) como característica de los libros de texto de carácter expositivo. En estos libros de texto donde los vínculos son los elementos predominantes, el sentido que Latour les atribuye en su modelo como aglutinantes, conectores y multiplicadores de relaciones entre los diferentes actores que hacen parte de la actividad científica, se pierde, así como se pierde también cualquier viso de complejidad. Podemos afirmar entonces que en los libros “inhumanos” la ciencia como circulación no existe y esto es un primer indicio de que en el ámbito escolar la ciencia dista ampliamente de ser la ciencia de los científicos.

Cuando los vínculos no son el 100% de los nodos necesariamente empiezan a aparecer otras categorías, las redes cambian. Incluso en algunos casos no hay aún presencia explícita de humanos, como en los libros 5, 13A, 16, 23 y 26, pero en éstos aparecen dos elementos que son reflejo de su actividad, las disciplinas (entendidas ya sea como cuerpos de conocimiento o como conjuntos de humanos que comparten intereses alrededor de temas comunes), y las teorías, modelos, hipótesis, etc., que esos humanos ausentes generan; esos dos tipos de nodos se encargan de traer a escena a los no-humanos. Así, se hace evidente que la existencia de éstos últimos está marcada por la práctica, que la relación entre ellos y los humanos es una condición imprescindible para que podamos hablar de ciencia.

El hecho de que puedan aparecer no-humanos, aún sin la presencia explícita de humanos y que explicamos a partir de su origen en la práctica, pone en evidencia que la ciencia escolar es en gran medida una ciencia del hacer y del ser (del “doing” y del “being” como les denomina Knain (2001)) donde no se da prioridad a los procesos pero sí a los productos finales, por lo que los elementos que podríamos identificar con una ciencia como proceso tienen una participación muy baja en la distribución de los nodos en los diferentes libros. Si nos centramos únicamente en la categoría de movilización, vemos incluso que los laboratorios, los instrumentos o los equipamientos, que según Latour (2001) describen una ciencia que se mueve desde el lugar donde “nace” hacia afuera de él, están prácticamente ausentes.

Sólo en dos libros se hace mención a laboratorios, con lo que uno se pregunta entonces, si es evidente que hablamos de una ciencia del “doing”, ¿dónde es que ésta se lleva finalmente a cabo? En sólo 5 de los 35 primeros libros (es decir entre 1850 y 1975) se hace mención a los experimentos, con lo que surge un nuevo interrogante ¿cómo se lleva a cabo la ciencia? Y en sólo la cuarta parte de los libros se hace mención a los instrumentos, ¿con qué se hace la ciencia?. Estos tres elementos: laboratorios, instrumentos y experimentos, son básicos en la actividad científica y han hecho parte de la cultura científica escolar como se ha evidenciado en la revisión de los contenidos curriculares presentada previamente. No obstante, cuando el punto es presentar la ciencia en los libros de texto, están ausentes. Este hecho permite pensar que la diferencia entre la ciencia escolar y la ciencia de los científicos a la que han hecho referencia múltiples autores se caracteriza definitivamente porque la ciencia escolar ha apostado por un relato donde incluso los elementos fundamentales que constituyen el quehacer científico han sido excluidos.

La ciencia del libro de texto, en esa depuración que ha apartado el “contexto” y se ha centrado en el “contenido”, dejó afuera elementos sin los cuales la ciencia simplemente no existe. No obstante, tal y como se aprecia en la tabla 3 después de 1976 la presencia de dichos elementos se multiplica, hecho que se explicará posteriormente pero que podemos ir asociando a los cambios profundos que introdujo la “nueva” filosofía de la ciencia, como se mencionó en párrafos previos.

De otro lado, al revisar la distribución de los nodos, es evidente que en los libros publicados después de la mitad de la década de los setenta del siglo pasado, hay un cambio cuantitativo en cuanto a la presencia de humanos en los libros de texto. Si se toma como referencia el año 1976, se pueden comparar los promedios del porcentaje

de nodos pertenecientes a esta categoría, siendo 11% y 21% respectivamente para los libros de texto publicados antes y después de esta fecha. Este cambio implica por tanto una humanización explícita de la actividad científica que se presenta en el libro de texto, que se produce principalmente a expensas de una disminución en el porcentaje de protagonismo de los vínculos, que pasan del 68% al 49% en los dos períodos comparados. Este cambio, como se verá más adelante, es producto de un “giro” en la manera como fue concebida la ciencia desde entonces, que alcanzó su materialización para el caso español en los planes de estudio de 1991.

Como se aprecia en los datos de la tabla, también en el conjunto de textos publicados después de 1976 hay una proliferación de los nodos (con porcentajes que sólo en dos casos superan el 5%) correspondientes a instrumentos, experimentos, dos menciones a laboratorios, cuatro a equipamientos y una a asociaciones, a la par que se evidencia cómo en más de la mitad de los libros de los bloques de muestreo 8 y 9, publicados a partir de 1994, aparecen nodos referentes a instituciones con lo que el cambio no sólo implica una imagen de ciencia más humana sino también colectiva como se esquematiza en la figura 2.

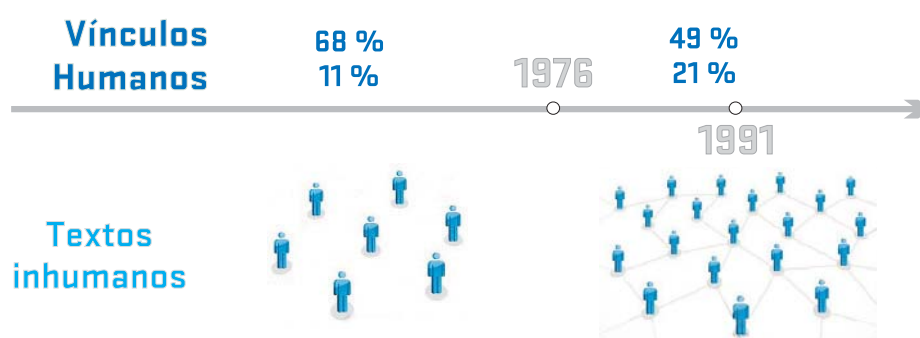
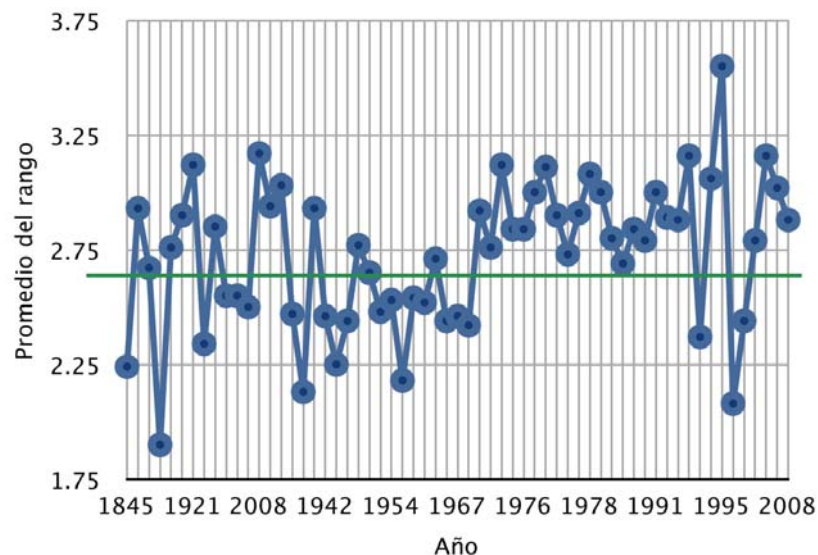


Figura 2. Perfil de cambio en la participación de los humanos en los libros de texto en función del tiempo.

7.1.2. Análisis macro de las redes

La gráfica 1 presenta los valores del parámetro promedio del rango en función del año de publicación de los textos. Este parámetro nos permiten describir las redes en una dimensión macroscópica, ya que el rango da cuenta del grado de conectividad de cada nodo, al indicar el número de nodos que tiene directamente enlazados; así, un mayor promedio indicará que la red está más ampliamente conectada, ya que cada nodo está unido a una mayor cantidad de nodos, con lo que se asocia a la formación de racimos que hacen que la red crezca como conglomerados y se aparte de un crecimiento puramente lineal.



Gráfica 1. Variación del promedio del rango de las redes en función del año de publicación de los libros de texto.

La gráfica no muestra una tendencia definida a lo largo del tiempo sino más bien variaciones que podemos explicar fácilmente ya que hay muchos factores adicionales más allá del año de publicación que pueden afectar las características de las redes. No obstante, hay un hecho importante que debe ser resaltado, dada su coincidencia con los resultados expuestos en la sección 7.1.1, casi todos los libros de texto publicados después de 1970, con excepción del 52, 55 y 56, tienen valores por encima de la media de este parámetro (línea verde del gráfico), mientras que antes de este período este hecho no es tan contundente, con lo que es claro que las redes de los libros pertenecientes a este período (1970-2010) son, desde la conectividad, diferentes a las de los publicados anteriormente.

Otro aspecto interesante acerca de las redes puede surgir si se analizan los nodos con rango igual a uno, que se denominan en la teoría de redes “pendant edges”; éstos pueden mostrar cuán desconectada está la red. En la tabla 4 aparecen los números de estos nodos para cada libro, así como el porcentaje que representan en el total de nodos. No hay ningún tipo de tendencia evidente en cuanto a la relación de este porcentaje y el año de publicación del libro, este valor fluctúa entre el 15 y el 75% y tiene una media bastante alta, del 40,6%, que indica una gran cantidad de nodos desconectados con el resto de la red, lo cual simplemente ratifica algunos resultados hasta ahora expuestos acerca de la manera cómo se relacionan los diferentes elementos con los que podemos describir la circulación de la ciencia, pero que de otro lado puede ser visto como una alternativa para repensar esos elementos como potenciales ejes protagonistas de una ciencia contada con la intención de conectarlos más ampliamente.

Libro	No. "pendant edges"	% "pendant edges"
1	8	47
2	4	25
3	2	15
4	13	68
5	5	24
6	14	48
7	15	25
8	19	46
9	11	42
10	19	40
11	53	60
12	14	44
13A	11	27
13B	35	45
14	30	34
15	10	33
16	8	53
17	19	42
18	16	46
19	7	44
20	12	75
21	10	32
23	17	43
24	9	47
22	9	50
25	13	59
26	10	38
27	12	39
28	24	50
29	7	30
30	10	45

Libro	No. "pendant edges"	% "pendant edges"
31	8	42
32	7	29
33	30	47
34	11	32
35	10	47
36	20	43
37	35	26
38	30	47
39	26	38
40	31	43
41	5	42
42	58	19
43	21	42
44	10	29
45	26	42
46	14	48
47	31	37
48	23	33
49	47	44
50	22	44
51	8	40
52	18	30
53	15	44
54	24	24
55	31	60
56	22	47
57	17	39
58	13	36
59	44	30
60	33	39

Tabla 4. Número y representación porcentual con respecto al total de nodos de los "pendant edges".

7.1.3. Análisis micro de las redes

Para analizar las redes en el nivel micro, se buscaron los nodos más conectados dentro de cada red, a partir de los datos del rango, con lo que se pudo identificar quiénes son los actores protagónicos en la manera como circula la ciencia en el libro de texto. Los datos correspondientes se presentan en la tabla 5, donde aparecen inicialmente los

valores del rango de los cinco nodos más conectados de cada red y posteriormente se especifican señalando a qué atributo pertenecen. La información está totalizada en la parte inferior para cada atributo.

Estos resultados muestran que los no humanos y los vínculos son los dos grupos de atributos más importantes dentro de las redes. Llama ampliamente la atención el hecho de que los no humanos tengan un protagonismo tan marcado representando las dos terceras partes de los nodos más conectados. Estos resultados nos remiten nuevamente a lo discutido en la sección 7.1.1 acerca de la idea de ciencia que subyace en los libros de texto escolares. Ésta, como se mencionó anteriormente, se presenta como la encargada de generar las leyes, teorías, hipótesis o modelos que dan cuenta de la existencia y el comportamiento de unos entes del mundo real, sin profundizar en la forma cómo tal proceso se produce ni quién se encarga de hacerlo, con lo que los humanos pasan a segundo plano, y así el papel central del relato se descarga en los vínculos y los no-humanos.

Si se centra ahora la atención ya no en los atributos sino en los actores individuales, se puede identificar el reparto del relato científico. En la tabla 6 aparece el número de textos en los que los actores que más aparecen son a la vez uno de los cinco nodos más importantes. Los actores principales son el átomo y el electrón; en los papeles secundarios destaca la presencia de un único humano, Dalton, que comparte escena con algunos vínculos: fenómenos, propiedades, conceptos, teorías y modelos y con no humanos en dos niveles de representación, algunos de una química macroscópica: cuerpo y elemento, y otros de una química microscópica: molécula, núcleo y protón. En esta elección de los "estelares", que es realizada por los autores de los libros de texto, hay algunos hechos que llaman la atención; por ejemplo, en términos de la estructura del átomo, el papel que se da al electrón por encima del protón y del neutrón, que ni siquiera aparece en este listado, así como la importancia que tiene el núcleo atómico, que va de la mano con el papel que se da a los modelos de Bohr y Rutherford sobre el de Thomson o el modelo de la mecánica cuántica. En la parte baja de la tabla se han incluido los humanos que más aparecen, a fin de comparar su protagonismo con respecto al de los "estelares" del relato científico. Las grandes diferencias entre el trato que se da a unos u otros actores son evidentes.

Año	Libro	1	2	3	4	5	Atributo 1	Actor 1	Atributo 2	Actor 2	Atributo 3	Actor 3	Atributo 4	Actor 4	Atributo 5	Actor 5
1845	1	10	4	3	3	2	No humano	Cuerpo	Nodo II Otros	Química	Vínculo	Átomo	Vínculo	Cuerpo compuesto	Nodo II Otros	Cristalografía
1850	2	10	5	4	4	4	No humano	Cuerpo	Vínculo	Cuerpo compuesto	Vínculo	Afinidad química	Vínculo	Cuerpo simple	Vínculo	Molécula
1883	3	6	4	4	3	3	No humano	Cuerpo	No humano	Átomo	Vínculo	Fenómenos	No humano	Gases	Vínculo	Materia
1884	4	11	3	3	2	2	No humano	Cuerpo	Humano	Dalton	Vínculo	Molécula integrante	No humano	Átomo	Vínculo	Cuerpo simple
1902	5	10	7	4	4	3	No humano	Átomo	No humano	Molécula	No humano	Cuerpo	Vínculo	Éter	Vínculo	Elemento o cuerpo simple
1911	6	13	10	9	7	5	No humano	Átomo	Vínculo	Teoría atómico molecular	Vínculo	Hipótesis electrónica	No humano	Molécula	Vínculo	Hipótesis atómico molecular
1921	7	11	10	9	9	7	No humano	Substancia	Vínculo	Radioactividad	Vínculo	Teoría electrónica	Vínculo	Transformación química	No humano	Átomo
1924	8	7	6	6	6	6	Vínculo	Materia	Humano	Antonio Lavoisier	Vínculo	Átomo	Lugar	Laboratorio químico	Vínculo	Teoría del flogisto
1927	9	14	10	5	5	4	Vínculo	Teoría electrónica	No humano	Átomo	No humano	Molécula	Vínculo	Teoría atómico-molecular	No humano	Núcleo
1934	10	13	10	6	6	6	No humano	Átomo	No humano	Electrón	Vínculo	Ley de Moseley	Vínculo	Numero atómico	No humano	Núcleo
1935	11	16	11	11	10	10	Humano	Alberto Einstein	Vínculo	Energía	Humano	Juan Dalton	No humano	Átomo	Humano	Pedro Luis Dulong
1939	12	17	5	4	4	4	No humano	Átomo	Vínculo	Símbolo	Vínculo	Fórmula	Vínculo	Molécula	Vínculo	Peso atómico
194-13A	13A	13	11	9	7	7	Vínculo	Afinidad	No humano	Cuerpo	Vínculo	Átomo	Vínculo	Molécula	Vínculo	Valencia
194-13B	13B	17	15	13	9	9	Vínculo	Teoría de Planck	No humano	Átomo	Vínculo	Átomo de Bohr	No humano	Electrón	Vínculo	Hipótesis del corpusculo-onda
194-	14	12	11	9	9	9	No humano	Átomo	No humano	Negatón	No humano	Especie química	No humano	Cuerpo	Vínculo	Materia
1940	15	8	8	7	4	3	Vínculo	Átomo	Vínculo	Electrón	No humano	Núcleo	No humano	Radio	Vínculo	Teoría electrónica
1942	16	7	5	3	3	2	Vínculo	Átomo	Vínculo	Molécula	Vínculo	Afinidad	Vínculo	Valencia	Vínculo	Materia
1943	17	16	10	7	6	6	No humano	Electrón	No humano	Átomo	No humano	Núcleo central	Experimento	Experimento 1	No humano	Partículas alfa
1945	18	15	8	6	5	4	No humano	Electrón	Vínculo	Átomo	No humano	Núcleo	Vínculo	Electricidad	Vínculo	Protón
195-	19	7	5	4	3	2	Vínculo	Átomo	Vínculo	Valencia	Vínculo	Molécula	Vínculo	Valencia positiva	Vínculo	Fórmula

Año	Libro	1	2	3	4	5	Atributo 1	Actor 1	Atributo 2	Actor 2	Atributo 3	Actor 3	Atributo 4	Actor 4	Atributo 5	Actor 5
195-	20	9	7	6	5	3	No humano	Átomo	No humano	Molécula	Vínculo	Teoría atómica	Humano	Dalton	Vínculo	Materia
1954	21	10	9	5	4	4	Vínculo	Hipótesis atómica	No humano	Átomo	No humano	Cuerpo compuesto	No humano	Cuerpo	No humano	Cuerpo simple
1954	22	11	10	9	6	5	Vínculo	Teoría atómica	No humano	Átomo	Vínculo	Electrón	No humano	Substancia	Vínculo	Ley de las proporciones múltiples
1954	23	8	7	5	4	3	Vínculo	Átomo	No humano	Cuerpo	Vínculo	Molécula	Vínculo	Fenómeno químico o reacción química	Vínculo	Cuerpo simple o elemento
1954	24	7	7	6	5	3	No humano	Átomo	Vínculo	Cuerpo simple	Vínculo	Cuerpo	Vínculo	Molécula	Vínculo	Formula empírica
1956	25	11	8	3	3	3	Vínculo	Substancia	No humano	Átomo	Vínculo	Molécula	Nodo II Otros	Química	Vínculo	Elemento
1965	26	11	7	5	5	4	Vínculo	Átomo	Vínculo	Elemento	Vínculo	Metales	Vínculo	Valencia	Vínculo	No metales
1966	27	13	7	5	5	4	No humano	Átomo	No humano	Molécula	Vínculo	Electrón	Vínculo	Hipótesis de Dalton	Vínculo	Núcleo
1967	28	11	11	9	8	6	No humano	Átomo	No humano	Electrón	Vínculo	Negatón	Vínculo	Protón	Vínculo	Corpúsculo compuesto
1969	29	8	5	5	4	3	No humano	Átomo	Vínculo	Hipótesis de Dalton	No humano	Substancia pura	Vínculo	Núcleo	Vínculo	Ley de las proporciones constantes
1970	30	7	6	5	4	4	Vínculo	Electrón	Vínculo	Peso atómico	Vínculo	Núcleo	No humano	Átomo	No humano	Tabla de Mendelejeff
1971	31	7	5	4	4	4	No humano	Átomo	No humano	Elemento o sustancia simple	No humano	Compuesto o sustancia compuesta	Vínculo	Ley de las proporciones constantes	Vínculo	Teoría atómica de la materia
1972	32	8	7	7	6	5	No humano	Átomo	No humano	Elemento químico	Vínculo	Ley de las proporciones constantes	Nodo II Disciplinar	Los químicos	Humano	Dalton
1976	36	21	13	7	7	6	No humano	Electrón	No humano	Átomo	Vínculo	Modelo atómico de Bohr y Sommerfeld	No humano	Protón	Vínculo	Átomo nuclear de Rutherford
1976	33	11	10	8	8	8	Vínculo	Materia	Vínculo	Modelo cuántico de átomo	Vínculo	Modelo nuclear de Rutherford	Vínculo	Radiactividad	Vínculo	Teoría cuántica
1976	34	15	6	6	6	6	No humano	Átomo	No humano	Electrón	Vínculo	Neutrón	No humano	Núcleo	Vínculo	Protón
1976	35	13	12	9	6	5	No humano	Átomo	No humano	Electrón	No humano	Núcleo	No humano	Elemento	Vínculo	Envoltura

Año	Libro	1	2	3	4	5	Atributo 1	Actor 1	Atributo 2	Actor 2	Atributo 3	Actor 3	Atributo 4	Actor 4	Atributo 5	Actor 5
1976	37	9	9	8	6	5	No humano	Átomo	Vínculo	Teoría de los cuantos de Planck	Vínculo	Teoría atómica de Dalton	Vínculo	Cambio químico	Experimento	Experimento de Rutherford
1977	38	20	13	11	7	7	Vínculo	Modelo de Bohr de Sommerfeld	No humano	Átomo	No humano	Electrón	Vínculo	Ecuación de onda	Vínculo	Formula de Balmer
1977	39	19	11	10	9	8	No humano	Electrón	Vínculo	Orbital	Vínculo	Modelo de Bohr	No humano	Átomo	Vínculo	Números cuánticos
1978	40	14	10	8	8	7	No humano	Átomo	No humano	Electrón	No humano	Núcleo	Vínculo	Teoría atómica moderna	Vínculo	Modelo atómico de Bohr
1984	41	16	15	12	12	12	Vínculo	Radiactividad	No humano	Núcleo	No humano	Electrón	Vínculo	Fisión nuclear	Vínculo	Hipótesis de Bohr
1984	42	9	7	7	5	4	No humano	Átomo	Vínculo	Electrón	Vínculo	Núcleo	Vínculo	Isótopo	No humano	Elemento químico
1987	43	14	12	9	8	8	No humano	Electrón	Vínculo	Modelo atómico de Bohr	Vínculo	Orbital	Vínculo	Modelo mecánico cuántico	Vínculo	Órbita
1990	44	10	9	7	6	5	No humano	Átomo	No humano	Electrón	No humano	Núcleo	No humano	Protón	No humano	Elemento
1991	47	13	12	8	8	7	No humano	Electrón	No humano	Átomo	No humano	Elemento	No humano	Isótopo	Vínculo	Teoría atómica de Dalton
1991	46	11	10	9	9	9	No humano	Átomo	No humano	Núcleo	Vínculo	Modelo atómico de Bohr	Vínculo	Teoría atómica de Dalton	Vínculo	Teoría atómica molecular
1991	48	16	9	8	7	6	No humano	Electrón	No humano	Átomo	Vínculo	Modelo atómico de Bohr	Vínculo	Números cuánticos	Vínculo	Teoría atómica de la materia
1991	45	12	11	8	6	6	No humano	Electrón	No humano	Átomo	Vínculo	Teoría atómica de Dalton	Experimento	Exp. con tubos de gases	Vínculo	Radioactividad
1994	49	16	15	14	11	8	Humano	Lord Ernst Rutherford	Humano	Niels Bohr	No humano	Átomo	No humano	Electrón	Experimento	Experiencia de Rutherford
1994	50	17	14	9	8	6	No humano	Electrón	Vínculo	Modelo atómico de Bohr	Vínculo	Función de onda u orbital	Vínculo	Números cuánticos	Vínculo	Modelo atómico de Rutherford
1995	51	14	11	10	9	8	No humano	Átomo	No humano	Elemento	No humano	Electrón	Humano	John Dalton	No humano	Núcleo atómico
1995	52	5	4	4	4	4	Vínculo	Electricidad	No humano	Átomo	No humano	Elemento	Vínculo	Materia	Vínculo	Modelo de Rutherford

Año	Libro	1	2	3	4	5	Atributo 1	Actor 1	Atributo 2	Actor 2	Atributo 3	Actor 3	Atributo 4	Actor 4	Atributo 5	Actor 5
1996	53	11	9	7	7	7	No humano	Átomo	Humano	Rutherford	Experimento	Experimento de Rutherford	Vínculo	Modelo nuclear de Rutherford	Vínculo	Teoría atómica de Dalton
1998	55	16	11	4	4	4	No humano	Átomo	Vínculo	Teoría atómica molecular de Dalton	Humano	Marie Curie	Vínculo	Modelo atómico de Thomson	Vínculo	Unidad de masa atómica
1998	54	17	12	10	9	9	No humano	Electrón	Humano	Dalton	Vínculo	Teoría atómica de Dalton	Vínculo	Modelo atómico de Thomson	No humano	Núcleo atómico
2002	56	7	7	6	6	5	Vínculo	Modelo atómico de Rutherford	Vínculo	Materia	No humano	Electrón	No humano	Átomo	Vínculo	Teoría Atómica de Dalton
2002	57	13	8	7	6	6	No humano	Átomo	No humano	Electrón	Vínculo	Radiactividad	Vínculo	Modelo atómico actual	Vínculo	Modelo atómico nuclear de Rutherford
2008	59	12	10	10	7	5	Vínculo	Modelo atómico actual	No humano	Átomo	No humano	Electrón	No humano	Protón	Vínculo	Modelo atómico de Bohr
2008	58	18	18	16	12	9	No humano	Átomo	No humano	Electrón	Vínculo	Teoría de Bohr	Vínculo	Teoría atómica de Dalton	Humano	Niels Bohr
2010	60	12	11	10	10	9	Vínculo	Materia	No humano	Electrón	No humano	Átomo	Nodo II Otros	Los atomistas	Humano	Modelo del átomo de hidrógeno de Bohr

TOTAL	No humano	39	34	21	19	10
	Vínculo	20	21	37	34	44
	Humano	2	5	2	2	4
	Nodo II Otros		1	2	2	1
	Experimento			1	2	2
	Lugar				1	
	Nodo II Disciplinar				1	

Tabla 5. Rango y atributo de los cinco nodos más conectados dentro de cada una de las redes.

	1	2	3	4	5
LOS PROTAGONISTAS					
Átomo	29	15	5	5	1
Electrón	11	11	7	2	
Teoría atómica	1	2	4	4	8
Núcleo		2	8	2	5
Molécula		4	4	4	1
Cuerpo y cuerpo simple	4	3	2	3	7
Modelo atómico de Bohr		2	5		3
Materia	3	1		1	4
Elemento		4	2	1	
Modelo atómico de Rutherford	1		1	1	4
Dalton		2	1	2	1
Protón				4	2
Radiactividad	1	1	1	1	1
Valencia		1		3	1

LOS HUMANOS					
Lord Ernst Rutherford	1	1			
Niels Bohr		1			1
Los atomistas				1	
Los químicos				1	
Marie Curie			1		
Pierre Louis Dulong					1
Albert Einstein	1				
Antoine Lavoisier		1			

Tabla 6. Los actores más importantes y los humanos más relevantes en las redes.

Otro aspecto que resulta interesante es cómo cambian los protagonistas de las redes a través del tiempo. Para visualizar esto se ha depurado la tabla 5 para generar la tabla 7 en la que se presentan los cinco nodos más importantes para cada texto, en función del año de publicación. En esta tabla podemos identificar seis grupos de acuerdo a los nodos más importantes. En un primer grupo, están los libros publicados antes de 1900 en los que el nodo más importante es el cuerpo. En este período la química es una ciencia puramente fenomenológica en la que la presencia del átomo hace referencia a una posibilidad, una partícula que incluso no era aceptada por muchos y que si lo era, era considerada sólo una hipótesis (Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo 2009, Moreno 2006), con lo que aún el centro del relato está en los fenómenos

y en entidades del mundo real. Al revisar cómo se organizan estos textos a partir de sus índices, se nota que aún no se hace mención al átomo o su estructura, ni a la estructura de la materia.

Podemos identificar inmediatamente después un grupo de “transición”, el de los libros publicados entre 1902 y 1924 en el que el átomo coexiste con nodos que aún dan una idea de química fenomenológica. En este grupo la existencia del átomo como entidad física empieza a ser aceptada. Se menciona la hipótesis atómica como paso previo a la existencia de una teoría atómico-molecular y una teoría electrónica, con lo que no sólo se ha provisto al átomo de materialidad sino que además se explica cómo está compuesto. Este hecho se pone de manifiesto en la manera cómo los libros se estructuran. En los índices se puede ver el paso de una hipótesis sobre la constitución de la materia, en el libro de 1902, a una teoría atómico molecular, en el libro de 1911, y de allí a una sección donde ya se habla de la constitución electrónica del átomo (libro 7 1921), hasta la presencia de un capítulo completo de constitución de la materia en el libro de 1924.

Un tercer grupo contiene los textos publicados desde la mitad de la década de los años veinte del siglo pasado hasta finales de la década de los 60s. En éstos, los protagonistas definitivamente son el átomo y sus partículas. Los actores que podríamos asociar con una química más fenomenológica desaparecen casi por completo de las unidades estudiadas, en la mayoría de estos libros de texto aparecen capítulos independientes de estructura atómica o naturaleza electrónica de la materia que preceden a la organización tradicional alrededor de los diferentes grupos de la tabla periódica o desde la separación entre metales, metaloides y los compuestos de carbono. Así, se identifican en un mismo texto dos relatos, uno que da una explicación más teórica de la materia, y otro que conserva la química descriptiva tradicional.

En el cuarto grupo tenemos libros de texto publicados en los inicios de la década de los años setenta del siglo pasado, en los que aparece el capítulo de enlace, desaparece la organización tradicional alrededor de los grupos de la tabla periódica y se prioriza una química donde lo importante son las transformaciones químicas, la electrólisis, los procesos de mezcla, disolución y ácido-base, explicados a partir de esas entidades microscópicas que habían ido consolidándose en los períodos anteriores y que siguen siendo los protagonistas de los capítulos analizados. Este cambio puede ser la consecuencia de lo que Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo (2009) explican, cómo una vez la realidad física del átomo y de su estructura fue aceptada, los químicos se dedicaron a

buscar una teoría química del enlace, que se hizo didáctica en la publicación del libro de *Química General* de Pauling en 1947.

En los contenidos analizados en estos textos también aparece como nodo importante el elemento químico, que se encarga de “recordar” que la química se refiere a un mundo real en el que no existen sólo esas entidades teóricas que ahora dominan los capítulos analizados. Ese afán de concreción posiblemente es el responsable de la reaparición en escena de la teoría de Dalton y del protagonismo de la ley de las proporciones constantes, dos nodos que abren las puertas al grupo quinto, donde ahora un relato histórico y lineal permite introducir a los grandes protagonistas de este conjunto de textos, los modelos atómicos.

El siguiente grupo es el de los libros de texto publicados entre 1976 y 1991, en ellos además del átomo y sus partículas, aparecen protagonizando los modelos atómicos, algunos experimentos y nodos que el modelo cuántico aporta para explicar la naturaleza ya no del átomo sino del electrón. Desaparece todo asomo de química descriptiva y el mundo real reposa en un fenómeno, la radiactividad, y los experimentos que se encargan de aportar los hechos sobre los que este nuevo relato se soporta e institucionaliza. La química de estos capítulos deja de ser una ciencia del mundo natural para ser una ciencia construida. Los índices de estos libros conservan una jerarquía que parte de la estructura de la materia y atómica para conducir al enlace, la distribución electrónica y el sistema periódico. En algunos de los libros de texto que tienen dos partes, una de física y otra de química se considera que el punto de unión entre estas dos disciplinas lo constituye los “nuevos” conceptos de la física que han sido aportados desde la teoría de la relatividad, por lo que aparecen en la interfase temas como la física nuclear, la radiactividad, o los espectros atómicos.

Finalmente en el sexto grupo, aparecen como nodos protagónicos algunos humanos, que empiezan a aparecer en un relato ahora más histórico que continúa mostrando, al igual que los libros del grupo anterior, una evolución lineal que da cuenta de la manera cómo la ciencia ha avanzado sobre sus errores para llegar a un modelo de átomo que es capaz de explicar fenómenos en los que sus predecesores habían fracasado. Esto se refleja en la estructura de los índices, similar a los del bloque anterior, pero ahora totalmente conducente a mostrar cómo la evolución de los modelos logra explicar los dos pilares de la química desde Pauling (Izquierdo-Aymerich y Áduriz-Bravo 2009), el enlace químico y la tabla periódica. La figura 3 esquematiza los rasgos más relevantes que caracterizan los nodos más importantes en función del tiempo.

Año	Libro	Actor 1	Actor 2	Actor 3	Actor 4	Actor 5
1845	1	Cuerpo	Química	Átomo	Cuerpo compuesto	Cristalografía
1850	2	Cuerpo	Cuerpo compuesto	Afinidad química	Cuerpo simple	Molécula
1883	3	Cuerpo	Átomo	Fenómenos	Gases	Materia
1884	4	Cuerpo	Dalton	Molécula integrante	Átomo	Cuerpo simple
1902	5	Átomo	Molécula	Cuerpo	Eter	Elemento o cuerpo simple
1911	6	Átomo	Teoría atómico molecular	Hipótesis electrónica	Molécula	Hipótesis atómico molecular
1921	7	Substancia	Radioactividad	Teoría Electrónica	Transformación química	Átomo
1924	8	Materia	Antonio Lavoisier	Átomo	Laboratorio químico	Teoría del flogisto
1927	9	Teoría Electrónica	Átomo	Molécula	Teoría atómico-molecular	Núcleo
1934	10	Átomo	Electrón	Ley de Moseley	Numero atómico	Núcleo
1935	11	Alberto Einstein	Energía	Juan Dalton	Átomo	Pedro Luis Dulong
1939	12	Átomo	Símbolo	Fórmula	Molécula	Peso atómico
1940	15	Átomo	Electrón	Núcleo	Radio	Teoría Electrónica
194-	13A	Afinidad	Cuerpo	Átomo	Molécula	Valencia
194-	13B	Teoría de Planck	Átomo	Átomo de Bohr	Electrón	Hipótesis del corpúsculo-onda
194-	14	Átomo	Negatón	Especie química	Cuerpo	Materia
1942	16	Átomo	Molécula	Afinidad	Valencia	Materia
1943	17	Electrón	Átomo	Núcleo central	Experimento 1	Partículas alfa
1945	18	Electrón	Átomo	Núcleo	Electricidad	Protón
195-	19	Átomo	Valencia	Molécula	Valencia positiva	Formula
1950	20	Átomo	Molécula	Teoría atómica	Dalton	Materia
1954	24	Átomo	Cuerpo simple	Cuerpo	Molécula	Formula empírica
1954	21	Hipótesis atómica	Átomo	Cuerpo compuesto	Cuerpo	Cuerpo simple
1954	22	Teoría atómica	Átomo	Electrón	Substancia	Ley de las proporciones múltiples
1954	23	Átomo	Cuerpo	Molécula	Fenómeno químico o reacción química	Cuerpo simple o elemento
1956	25	Substancia	Átomo	Molécula	Química	Elemento
1965	26	Átomo	Elemento	Metales	Valencia	No metales
1966	27	Átomo	Molécula	Electrón	Hipótesis de Dalton	Núcleo
1967	28	Átomo	Electrón	Negatón	Protón	Corpúsculo compuesto
1969	29	Átomo	Hipótesis de Dalton	Sustancia pura	Núcleo	Ley de las proporciones constantes
1970	30	Electrón	Peso atómico	Núcleo	Átomo	Tabla de Mendelejeff
1971	31	Átomo	Elemento o sustancia simple	Compuesto o sustancia compuesta	Ley de las proporciones constantes	Teoría atómica de la materia
1972	32	Átomo	Elemento químico	Ley de las proporciones constantes	Los químicos	Dalton
1976	36	Electrón	Átomo	Modelo atómico de Bohr y Sommerfeld	Protón	Átomo nuclear de Rutherford

Año	Libro	Actor 1	Actor 2	Actor 3	Actor 4	Actor 5
1976	33	Materia	Modelo cuántico de Átomo	Modelo nuclear de Rutherford	Radiactividad	Teoría cuántica
1976	34	Átomo	Electrón	Neutrón	Núcleo	Protón
1976	35	Átomo	Electrón	Núcleo	Elemento	Envoltura
1976	37	Átomo	Teoría de los cuantos de Planck	Teoría atómica de Dalton	Cambio químico	Experimento de Rutherford
1977	38	Modelo de Bohr Sommerfeld	Átomo	Electrón	Ecuación de onda	Fórmula de Balmer
1977	39	Electrón	Orbital	Modelo de Bohr	Átomo	Números cuánticos
1978	40	Átomo	Electrón	Núcleo	Teoría atómica moderna	Modelo atómico de Bohr
1984	41	Radiactividad	Núcleo	Electrón	Fisión nuclear	Hipótesis de Bohr
1984	42	Átomo	Electrón	Núcleo	Isótopo	Elemento químico
1987	43	Electrón	Modelo atómico de Bohr	Orbital	Modelo mecánico cuántico	Órbita
1990	44	Átomo	Electrón	Núcleo	Protón	Elemento
1991	45	Electrón	Átomo	Teoría atómica de Dalton	Exp. con tubos de gases	Radioactividad
1991	46	Átomo	Núcleo	Modelo atómico de Bohr	Teoría atómica de Dalton	Teoría atómico molecular
1991	47	Electrón	Átomo	Elemento	Isótopo	Teoría atómica de Dalton
1991	48	Electrón	Átomo	Modelo atómico de Bohr	Números cuánticos	Teoría atómica de la materia
1994	49	Lord Ernst Rutherford	Niels Bohr	Átomo	Electrón	Experiencia de Rutherford
1994	50	Electrón	Modelo atómico de Bohr	Función de onda u orbital	Números cuánticos	Modelo atómico de Rutherford
1995	51	Átomo	Elemento	Electrón	John Dalton	Núcleo atómico
1995	52	Electricidad	Átomo	Elemento	Materia	Modelo de Rutherford
1996	53	Átomo	Rutherford	Experimento de Rutherford	Modelo nuclear de Rutherford	Teoría atómica de Dalton
1998	55	Átomo	Teoría atómicomolecular de Dalton	Marie Curie	Modelo atómico de Thomson	Unidad de masa atómica
1998	54	Electrón	Dalton	Teoría atómica de Dalton	Modelo atómico de Thomson	Núcleo atómico
2002	56	Modelo atómico de Rutherford	Materia	Electrón	Átomo	Teoría Atómica de Dalton
2002	57	Átomo	Electrón	Radiactividad	Modelo atómico actual	Modelo atómico nuclear de Rutherford
2008	59	Modelo atómico actual	Átomo	Electrón	Protón	Modelo atómico de Bohr
2008	58	Átomo	Electrón	Teoría de Bohr	Teoría atómica de Dalton	Niels Bohr
2010	60	Materia	Electrón	Átomo	Los atomistas	Modelo del Átomo de hidrógeno de Bohr

Tabla 7. Los actores más importantes a través del tiempo.

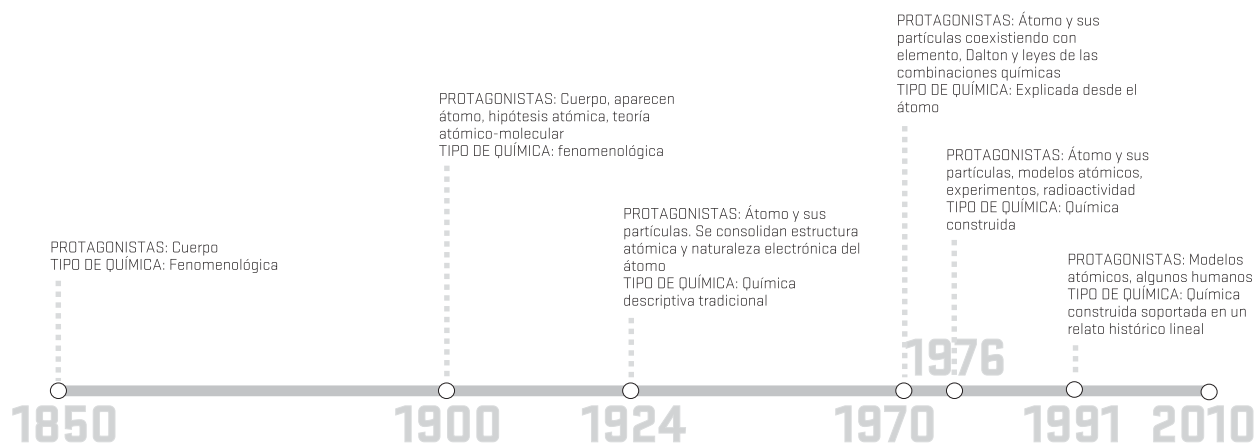


Figura 3. Cambios en los ejes del relato del libro de texto en función del tiempo.

7.2. SOBRE LA CIENCIA Y LA PRÁCTICA CIENTÍFICA

Los resultados que se presentan en esta sección buscan caracterizar algunos rasgos en los libros de texto que dan cuenta de la importancia que los autores confieren a ciertos elementos específicos relacionados con la práctica científica y que han sido abordados desde lo epistemológico y desde las investigaciones sobre la naturaleza de la ciencia: la idea de progreso, el papel de la historia, la relación entre las teorías/leyes, etc. y la experimentación, las ideas de verdad y realidad, el papel de las controversias, el método científico, la presencia de rasgos de ciencia inductivista y positivista, la práctica científica y el carácter tentativo de la ciencia. Es importante reiterar que en esta parte del trabajo no sólo se analizaron los contenidos de teoría atómica, estructura atómica y modelos atómicos sino que también se revisaron los capítulos que generalmente de manera introductoria presentan secciones denominadas: "ciencia", "qué se entiende por ciencias físico-naturales", "aproximación al trabajo científico", "método científico", "metodología científica", etc.

Año	Libro	HFC-Ndec en el índice	Progreso	Papel de la historia	Papel de los científicos	Papel de los experimentos	Papel de las leyes teorías ...	Relación teoría/ experimento	Papel de la verdad/ realidad	Controversias	Modelo científico	Método científico	Inductivismo/ positivismo	Práctica científica	Ciencia tentativa	Papel de los instrumentos	TOTAL
1845	1	No													M		1
1850	2	No	M		M	M									M		5
1883	3	No					M										1
1884	4	*			M	M	M	M					M				6
1902	5	No	M		M	M	M							M			4
1911	6	No			M	M	M							M			4
1921	7	No			M	M	M							M			3
1924	8	*	M		M	M			M					M			6
1927	9	No			M	M	M							M			3
1934	10	No			M	M	M				M			M			6
1935	11	*		M	M	M	M	M					M	M			8
1939	12	No	M		M	M	M		M					M			6
194-	13A	No	M		M	M	M							M			6
194-	13B	**	M	M	M	M	M						M	M	M		9
194-	14	*			M	M	M							M	M		6
1940	15	No			M												1
1942	16	No			M				M								2
1943	17	No	M		M	M	M							M			5
1945	18	*							M								1
195-	19	No												M			1
195-	20	No	M		M		M							M			4
1954	21	No	M		M		M							M	M	M	6
1954	22	No			M	M	M										3

Año	Libro	HFC-Ndec en el índice	Progreso	Papel de la historia	Papel de los científicos	Papel de los experimentos	Papel de las leyes teorías ...	Relación teoría/experimento	Papel de la realidad/la verdad/	Controversias	Modelo científico	Método científico	Inductivismo/ positivismo	Práctica científica	Ciencia tentativa	Papel de los instrumentos	TOTAL
1954	23	No	M						M								2
1954	24	No															0
1956	25	No												M	M		2
1965	26	No															0
1966	27	No			M		M							M	M		4
1967	28	No			M		M										2
1969	29	No			M		M						M			M	5
1970	30	No			M		M							M			4
1971	31	Sí			M		M						M			M	5
1972	32	No	M		M		M							M	M	M	6
1976	33	Sí	M		M		M	M	M	M				M	M	M	12
1976	34	***	M		M							M	M	M	M		6
1976	35	****			M						M	M	M	M	M		6
1976	36	***	M		M			M			M	M	M	M	M	M	10
1976	37	***			M							M	M				5
1977	38	No			M		M		M		M		M	M	M	M	10
1977	39	No	M		M		M	M						M	M		7
1978	40	***			M		M	M			M		M	M	M	M	10
1984	41	No	M	M	M		M							M	M	M	8
1984	42	***	M	M	M		M	M	M			M	M	M	M	M	12
1987	43	No			M		M				M						4
1990	44	***			M			M				M	M	M	M	M	8
1991	45	No			M		M				M		M	M	M	M	8

Año	Libro	HFC-NdeC en el índice	Progreso	Papel de la historia	Papel de los científicos	Papel de los experimentos	Papel de las leyes teorías ...	Relación teoría/experimento	Papel de la verdad/ realidad	Controversias	Modelo científico	Método científico	Inductivismo/ positivismo	Práctica científica	Ciencia tentativa	Papel de los instrumentos	TOTAL
1991	46	***	M		M	M	M	M		M	M	M	M	M	M		11
1991	47	***	M		M	M	M	M		M	M	M	M	M	M		11
1991	48	No			M		M				M			M			4
1994	49	Sí			M	M	M	M			M	M	M	M	M	M	10
1994	50	No			M	M					M			M	M	M	5
1995	51	Sí			M		M				M	M					4
1995	52	***	M		M		M	M	M			M	M	M	M		8
1996	53	No			M		M							M	M		3
1998	54	Sí			M	M	M			M	M	M	M	M	M	M	10
1998	55	No	M		M	M	M	M			M	M	M	M	M	M	10
2002	56	***			M	M	M	M			M	M	M	M	M		9
2002	57	***			M	M					M	M	M				5
2008	58	No	M	M	M	M	M					M	M	M	M	M	10
2008	59	***			M	M	M	M			M	M	M	M	M	M	10
2010	60	No			M	M	M	M			M	M	M	M	M	M	9
	TOTAL		22	5	53	31	44	17	9	4	21	19	26	41	40	20	

Tabla 8. Consolidado de la información sobre creencias epistemológicas y naturaleza de la ciencia explícitas en el libro de texto.

* No hay mención en el prólogo pero se interesan por introducir como anexos o al final de los capítulos notas históricas y/o biográficas.

** Contiene una sección especial acerca de qué es la ciencia, bastante particular para los libros de su tiempo.

*** Se caracterizan por tener capítulos introductorios sobre las ciencias experimentales, el método científico, etc. Es un rasgo particular de algunos libros publicados después del plan de 1975.

**** Contiene una exposición detallada de algunos aspectos epistemológicos en el capítulo introductorio de ciencias experimentales.

Como punto de partida, se presentan en la tabla 8 los resultados generales de esta sección que relacionan si se menciona (M) cada uno de estos aspectos en el libro de texto y si aparece explícitamente en la presentación del mismo algún tipo de mención a la presencia de elementos de historia de la ciencia, epistemología o naturaleza de la ciencia. En estos resultados es posible encontrar tres libros en los que no se menciona ninguno de estos catorce aspectos, algunos textos donde se hace referencia a sólo algunos de estos temas y otros en los que se hace mención a la casi totalidad de los mismos. Asimismo, es interesante apreciar cómo el papel de la historia y la presencia o mención a las controversias son los tópicos menos tratados mientras que el papel de las leyes y teorías, las descripciones acerca de la práctica científica y la idea de que la ciencia es un cuerpo de conocimientos cambiante son los más mencionados.

De otro lado es evidente que en los libros publicados después de 1976 hay una proliferación del interés por estos aspectos y llama la atención cómo en ninguno de los libros anteriores a esta fecha se hace mención a las controversias, y especialmente a los modelos científicos, a pesar de que emplean diversos modelos de representación de los átomos o moléculas, lo cual refleja que sólo la aparición en escena de los modelos atómicos justificó la necesidad de empezar a explicar el papel de los modelos en la actividad científica; esto resalta la importancia de estos actores dentro de la ciencia que se enseña en la escuela. Sobre este punto se discutirá posteriormente.

También es importante notar cómo el método científico, como recurso discursivo, se hace importante en los libros publicados después de 1976; antes de esta fecha sólo era mencionado en un libro de texto. Su presencia va acompañada en la mayoría de los casos de un capítulo introductorio al comienzo del libro de texto que habla bien sólo de él o de la actividad científica, del trabajo científico o de lo que se denomina la metodología científica. En estos libros de texto (publicados después de 1976) la presencia de este tipo de contenidos es muy común y va de la mano de un incremento en el número de aspectos que son mencionados o discutidos en el libro de texto, es decir, estos son textos donde los autores explicitan más ampliamente su interés por estos tópicos. Estos resultados no pueden ser vistos independientemente de los presentados en la sección anterior donde se apreció cómo justo en estos mismos textos es donde los elementos que describen la actividad científica son los más conectados y los que socializan mayoritariamente elementos como modelos, experimentos o humanos.

Una de las intenciones de revisar estos aspectos en el libro de texto era justamente establecer algún tipo de relación entre los hechos que revela el análisis de las redes

y estos elementos que dan cuenta de unos libros de texto concebidos pensando en presentar un tipo de ciencia que está menos centrada en los conceptos y que ahora centra su atención en los aspectos de la ciencia como práctica, un tipo de libros que no existía antes de 1976 y en los que el único acercamiento con este tipo de características era la que se presentaba en los libros que incluían biografías (como se ve en la tabla 8) que son los que más presentan mención de estos aspectos epistemológicos o de naturaleza de la ciencia. No obstante, si se hace un análisis detallado de cada uno de los aspectos, se aprecia que, a pesar de los cambios, la inclusión de estos aspectos va dirigida a formar una imagen de ciencia idealizada que ha sido evidenciada principalmente por las investigaciones acerca de la naturaleza de la ciencia. Estos resultados se presentan a continuación.

7.2.1. La idea de progreso y el relato historiográfico

En los textos analizados se encuentra que la idea de progreso científico se entiende principalmente como “una aproximación sucesiva a la realidad (Libro 52 1995:16)” en la que la actividad científica se caracteriza con ciertos elementos recurrentes:

- La presencia de un punto de inicio y un punto final, que por demás pareciera ser conocido desde el comienzo, con lo que la ciencia avanza por un camino bien trazado, nunca va a tientas:

“Este descubrimiento [propiedades del electrón] acaba con la idea de que el átomo es indivisible e inicia una época que dura hasta hoy: la física de las partículas elementales, esto es la búsqueda de los constituyentes básicos de la materia ... Su búsqueda es la física de hoy y del futuro (Libro 47 1991:234)”

- La necesidad de conexión con un punto en un pasado remoto:

“Los principios de la hipótesis atómica, anteriormente expuestos, tuvieron como iniciadores a los filósofos griegos del s.V a.C ... pero hasta el s. XIX no se ordenó la ideología sobre fenómenos químicos (Libro 21 1954:124)”

- Ideas que fueron perseguidas en el pasado sin éxito pero que sólo en el presente dieron frutos:

“Los antiguos filósofos debatieron largamente esta cuestión [la divisibilidad de los cuerpos], y con todos sus esfuerzos no lograron resolverla. Las investigaciones de la química moderna han sido más dichosas, estableciendo de una manera casi incontestable, que la divisibilidad de la materia es limitada (Libro 2 1850:3)”

- La presencia de hitos fundamentales que ponen los cimientos o sientan las bases de los que está por venir:

“El descubrimiento del electrón en 1897, el del protón en 1906 y el del núcleo del átomo en 1911, constituyen tres hitos fundamentales que marcan el punto de partida de la química moderna (Libro 58 2008:110)”

- La necesidad de “súper-humanos” que son capaces de guiar esos caminos gloriosos que en un comienzo no funcionaron o fueron abandonados:

“Tuvieron que pasar más de dos mil años para que Dalton, a principios del siglo XIX, hiciera de nuevo suya la idea de átomo, para explicar las leyes de las combinaciones químicas, si bien hasta final de este mismo siglo se pensaba que los átomos eran esferas de materia de masas diferentes (Libro 39 1977:217).

- La justificación de los hechos del pasado con ideas y conceptos del presente:

“Conocer cómo está constituida la materia ha sido siempre una de las grandes preocupaciones que ha tenido el hombre. Hace 2500 años, los sabios de la antigua Grecia ya se preguntaban ... [si] la materia estaba constituida por partículas pequeñas, indivisibles, a las que llamaron átomos. A finales del siglo XVIII, Higgins, y años después Dalton, expusieron la idea de la naturaleza atómica de la materia (Libro 42 1984:182)”

- La idea de sucesión:

“El comienzo de la ciencia moderna se inicia con las experiencias de Galileo y Newton ... a ello se sumaron posteriormente Lavoisier y Dalton y sentaron la base de casi todo el desarrollo de las ciencias físico-químicas que ha durado hasta el comienzo de nuestro siglo. A partir de este momento una nueva revolución científica, iniciada por Planck, Einstein y Bohr, entre otros, puso los cimientos de tres nuevos aspectos del universo, la teoría atómica, la relatividad y la teoría cuántica, y con ellos la física y la química han ampliado profundamente sus horizontes (Libro 34 1976:8)”

Estas características forman parte de lo que en la historiografía de la ciencia se conoce como relato “whig” en el que la ciencia parece avanzar rápidamente en la dirección de una mayor acumulación de conocimiento factual, viendo los eventos históricos no en la perspectiva de su tiempo sino a la luz de cómo contribuyen al estado de la ciencia de hoy (Kauffman 1979). Así, los libros de texto analizados, en los que el interés por el

papel de la historia es prácticamente nulo, tienen asociado implícitamente este tipo de relato que sirve para transmitir una narrativa de progreso que busca siempre la noción de una fundación, ese punto del pasado a partir del cual el futuro queda establecido de una vez por todas, orientando la actividad científica desde el pasado hacia un presente en el que todo converge y que deja de lado lo indeterminado, las bifurcaciones imprevistas y la contingencia que preside estas modificaciones (Lèvy 1998). Según Bensaude-Vincent (1998) esta interpretación del pasado a partir de la ciencia contemporánea busca en el pasado los jalones que conducen a las teorías actuales, con lo que se convierte en el medio perfecto para que los científicos esquematicen y tergiversen la historia, ya que se eliminan las pistas falsas y los callejones sin salida, y se inventa una senda regia que desemboca en la ciencia presente.

Así, a pesar de que estos libros de texto no mencionan el papel de la historia, sí tienen asociada un tipo de historiografía que prevalece con el tiempo aunque sin analizar con profundidad la relación entre las maneras de contar la historia y cómo trabaja realmente la ciencia de la que habla. Sólo uno de los libros analizados se plantea la discusión de este tipo de relatos:

“Queremos advertir, ante todo, que la construcción de la teoría atómica no es un proceso lineal en que un paso haya seguido al otro sin vacilaciones y errores como se podría deducir de la exposición que estamos realizando, sino que resultó ser un camino intrincado donde los rodeos y las desviaciones fueron frecuentes. Muchos de los hechos presentados se produjeron en un orden o en una forma muy diferente a como lo hemos expuesto, y algunos de los que aún veremos incluso no tuvieron repercusión en la química hasta mucho después (Libro 33 1976:269)”.

Este texto escrito por profesores de ciencias, dos de ellos investigadores reconocidos en la didáctica de la ciencia, muestra que sólo a través de la investigación didáctica este tipo de cambios pueden llegar a ser consistentes y evidentes en los libros de texto.

7.2.2. El papel de las teorías, las hipótesis y las leyes, de los experimentos, y cómo se relacionan

Otro de los aspectos que ha sido tratado de manera transversal en todos los textos analizados es el papel que se atribuye a las leyes y las teorías. Se extrajeron de los libros analizados las acciones que recaen sobre las leyes y las teorías y se representaron con Wordle™ (figura 4). Esta aplicación informática mide la recurrencia de un concepto

dentro de un conjunto y permite visualizar a partir de las diferencias en el tamaño de la letra cuáles son los conceptos o temas que más se repiten en un texto. En nuestro caso, muestra que mayoritariamente se concibe que las teorías deben explicar (hechos o fenómenos del mundo natural). La segunda mayor acción que recae en ellas es “ser”: establecidas, reconocidas, modificadas, mejoradas sucesivamente, aceptadas, aplicadas, ampliadas, incorporadas, explicadas; son fecundas pero en otros textos son insuficientes, son guías y bases del conocimiento de la física y la química. Estas acciones, más las demás que podemos ver en la figura, dan ante todo una idea de las teorías como elementos muy dinámicos; así, los vínculos más recurrentes dentro de las redes dan en sí mismos una idea de movilidad que haría pensar en una ciencia muy activa.

Ese dinamismo hace que las leyes y teorías no existan por sí solas sino que en la mayoría de los libros se les ligue fuertemente a la experiencia y los hechos experimentales. De éstos se piensa que son los responsables de:

- Ser el punto de partida para llegar a las leyes:

“...en la ciencia el conocimiento de numerosas experiencias concretas o particulares es el punto de partida para llegar a las leyes (Libro 42 1984:8)”

- Ser la causa para abandonar teorías logran explicarlas por completo:

“Las teorías científicas deben estar de acuerdo con todos los hechos experimentales. Nuevos hechos o fenómenos, que una teoría no pueda explicar, obligan a sustituirla o modificarla. La teoría de Dalton tuvo que ser modificada. Los átomos no son indivisibles (Libro 49 1994:276)”

- Decidir casos de incompatibilidades entre teorías:

“Estos resultados no estaban siempre de acuerdo con la teoría atómica de Dalton ... Había, por tanto, una incompatibilidad entre la teoría atómica de Dalton y la ley obtenida experimentalmente por Gay-Lussac. Para el conocimiento científico, son siempre los hechos demostrados experimentalmente los que deciden en estos casos (Libro 46 1991:223)”

Lo anterior refleja una alta dependencia de la experiencia en la explicación de cómo se construye y avanza en el conocimiento científico a partir de las teorías. Así, se encontraron en casi la mitad de los textos analizados (26 de 61) afirmaciones que muestran que los autores de los libros de texto, especialmente después de 1976 cuando se empezaron a interesar en mostrar el contenido de los textos con un marco más

epistemológico, apostaron por una postura principalmente inductivista, que preocupa ampliamente a los investigadores en la línea de naturaleza de la ciencia, que abogan continuamente para que se resalte la importancia de transmitir una idea de ciencia en la que se entiende que el conocimiento científico descansa ampliamente, pero no por completo, en la observación y la evidencia experimental (Abd-El-Khalick et al. 2008).



Figura 4. El papel de las leyes y teorías en los libros de texto.

Como parte de esa postura inductivista se considera que la experiencia y la experimentación son los factores determinantes del proceso denominado “contrastación de hipótesis” en el que funcionan como una especie de filtro donde

“sólo mediante el experimento y la interpretación de sus resultados pasan a ser aceptadas las hipótesis verificadas que se insertan en un cuerpo coherente de conocimientos denominado teoría (libro 33 1976:13)”.

Es tal el poder que se confiere a los hechos experimentales que se les describe con frases como “los que mandan en la ciencia (libro 47 1991)”, “la base del conocimiento científico (libro 11 1935)” o “el juez supremo que confirma o invalida una hipótesis (libro 47 1991)”, con lo que la mitologización que se ha criticado ampliamente en los libros de texto no se restringe al hecho de “desfigurar” la imagen de los científicos como héroes o superhombres sino que también los experimentos están “mitologizados” y en cierta forma funcionan como criterio de demarcación de lo que puede ser considerado o no como científico. De ahí que en varios libros de texto se les asigne como función hacer que el razonamiento filosófico y sus especulaciones, los pensamientos teóricos

o las ideas intuitivas puedan llegar a tener el estatus de conocimiento científico válido. Este carácter, hasta cierto punto normativo que se atribuye a la experimentación, se aprecia la figura 5 donde se representan las acciones con las que se describe en los libros de texto el papel de los experimentos.

Las acciones que los describen son menos dinámicas que los de las teorías y esto reafirma la importancia de verlos como parte de redes, de expandir sus conexiones con diferentes elementos, especialmente con los humanos, los laboratorios, los instrumentos y desligarlos parcialmente de las teorías, las leyes y las hipótesis con las que comúnmente se les relaciona, ya que en gran medida sirven sólo para justificar el dominante discurso inductivista.

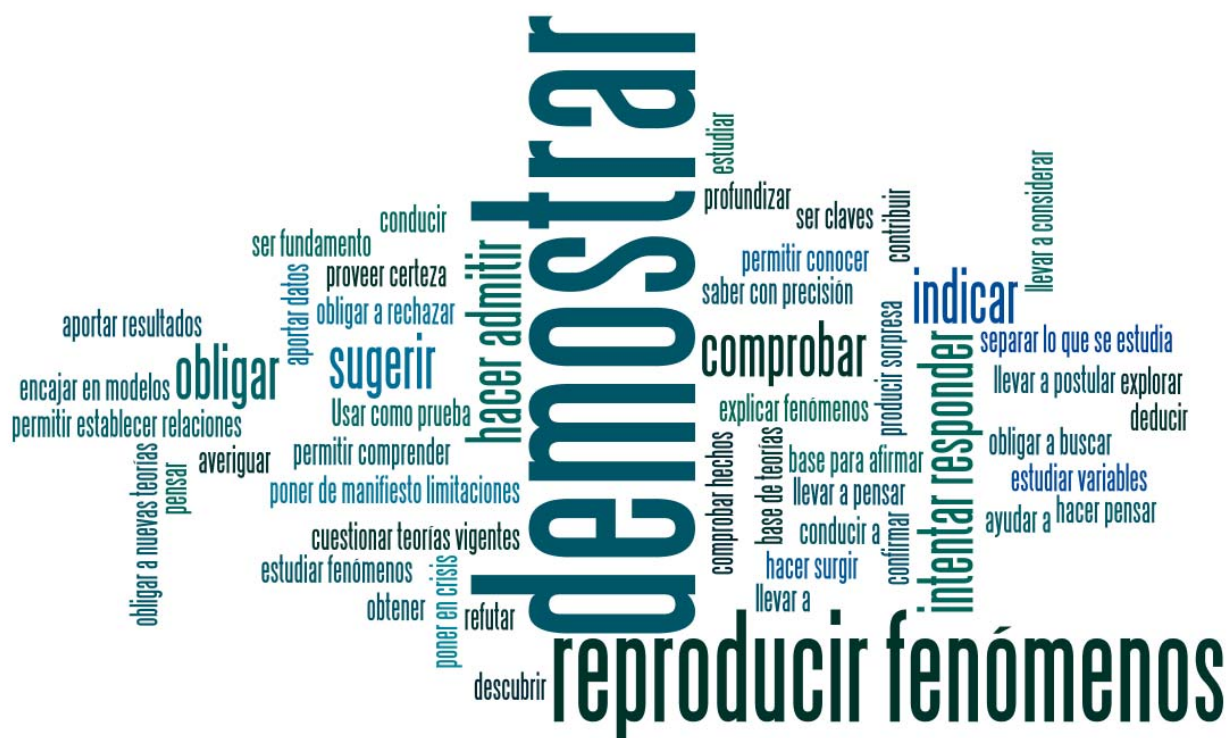


Figura 5. El papel de los experimentos en los libros de texto.

7.2.3. Inductivismo, positivismo y método científico

El método inductivo, dominante en los libros de texto como se mencionó anteriormente, sólo es presentado junto con el método deductivo en cuatro libros de texto (32, 42, 44 y 56), de los cuales sólo en uno se menciona que el trabajo científico puede ser el resultado de dos maneras de trabajar, mientras que en los demás se asocia el método deductivo como un tipo de razonamiento que implica más bien la intuición e imaginación del científico acerca del comportamiento de la naturaleza (libro 36), con lo que se establece una supuesta superioridad de la inducción:

“La inducción es el proceso propio de la investigación o ciencia pura. La deducción es el proceso propio de la técnica o ciencia aplicada. Todos los adelantos técnicos de que actualmente disponemos son fruto de la deducción científica. Lo que llamamos “inventos” son aplicaciones concretas de las leyes y las teorías científicas (Libro 42 1984:10)”

Estas posturas van de la mano con la validez que adquiere el trabajo científico en la medida que se ciñe a un método que parte no sólo de la experiencia sino específicamente de la observación; estos dos elementos, experimentación y observación, son en el libro de texto el origen de la “verdadera” ciencia. Los libros presentan un discurso en el que se afirma que las observaciones naturalizadas e intuitivas del ser humano se agudizaron con el desarrollo de su inteligencia y de una necesidad de establecer regularidades que explicaran la similitud entre diferentes fenómenos:

“Desde el principio de la historia de la humanidad, el hombre observó los hechos de la naturaleza, intrigado por encontrar una explicación de los mismos. Esa observación cuidadosa y su estudio posterior le llevó a una serie de descubrimientos útiles a la humanidad (Libro 31 1971:11)”.

A la par con este “origen” se introducen dos restricciones; una por la cual esta observación “inteligente” sólo puede ser llevada a cabo por los hombres de ciencia:

“Observar es aplicar atentamente los sentidos sobre un objeto o fenómeno. Exige una gran concentración de nuestro espíritu. En cierta literatura aparece con frecuencia la figura del “sabio distraído”. Este sabio no se entera de que se está produciendo una inundación, un incendio o un ataque enemigo. Es que está contemplando un raro ejemplar de mariposa o un nuevo mineral, o un fenómeno hasta entonces desconocido y su atención es tan intensa que el resto del mundo exterior ha desaparecido para él. No es un sabio distraído sino un inmejorable observador (Libro 49 1994:8)”

y otra por la cual, después de la observación, ese proceso de intelectualización del estudio de la naturaleza debe ser llevado a cabo siguiendo un conjunto sistemático de pasos:

“[El método científico es] fundamental, no sólo en la ciencia sino en la vida, pues exige, en el que lo aplica, paciencia en las observaciones, prudencia en las afirmaciones, libre discusión de los resultados, y capacidad para admitir los propios errores, es decir: objetividad y humildad (Libro 49 1994:5, Libro 40 1978:8)”.

Con estos elementos este discurso positivista se afianzó en los libros de texto y el método se fue haciendo imprescindible en la estructura de los mismos, prueba de ello es su recurrencia en los libros de texto desde 1976 comparada con el hecho de que sólo en un libro publicado antes de este año se le menciona. En 19 de 28 libros publicados después de 1976 se hace referencia a un método de trabajo científico. Los aspectos más comunes al hablar de él son:

- La existencia de un mito fundacional en el que Galileo crea un nuevo método en el que introduce la observación y experimentación sistemáticas con el fin de explicar los fenómenos naturales.

“Galileo Galilei (1567-1642) fue el creador del método científico, ya que descubrió la forma de utilizar los procesos de la mente para la investigación. Al disponer los científicos de un método adecuado para su trabajo, el progreso de la ciencia ha sido inmenso y la influencia sobre la sociedad ilimitada”
(Libro 35 1976:9)

- La mención de una serie de pasos que lo constituyen, que son los mismos que se citaban en el texto de 1934, pero matizados en algunos casos (cinco libros de los 19) con la inclusión de la comunicación científica como paso final o la aclaración de que los pasos no son seguidos necesariamente en el orden en que se han presentado, no son un conjunto rígido de etapas sino que dependen principalmente del problema de investigación por lo que no existe un método científico único.
- El establecimiento del método científico como criterio de demarcación de las ciencias experimentales (aunque en la gran mayoría de los casos sólo se mencionan a la física y a la química) sobre las otras actividades no científicas:

“La química es una ciencia mientras que la antigua alquimia no lo era, por qué? La diferencia consiste en el procedimiento de trabajo empleado por la química y todas las ciencias: el método científico (Libro 54 1998:59)”.

- Al método se atribuye gran parte del éxito de la actividad científica:

“Valorar positivamente el método científico que ha hecho posible el espectacular desarrollo científico y tecnológico de los dos últimos siglos (Libro 46 1991:3)”

- La presentación del método en ausencia completa de ejemplos concretos de la actividad científica en el que se vea aplicado (sólo aparece ejemplificado en un libro de texto).

7.2.4. La práctica científica

Este último punto es fundamental para entender la diferencia entre los discursos que se centran en lo normativo, como el método científico, y aquellos que muestran la ciencia en acción. Si se revisan ahora los resultados relacionados con la práctica científica, se ve que las dos terceras partes de los libros analizados refieren descripciones acerca de cómo se desarrolla el trabajo científico. Al analizar estos libros aparecen elementos destacables:

- La posibilidad de que las disciplinas compartan y se enfrenten a problemas de investigación comunes.
- La existencia de acuerdos entre científicos quienes crean por convención unidades, definiciones, restricciones e incluso un lenguaje particular (lenguaje científico) que les es propio y universal, venciendo así las fronteras idiomáticas.
- La existencia de un trabajo en colectivo, donde los científicos no trabajan en solitario y donde es común que los problemas que otros abordaron se retomen a fin de mejorarlos, aplicarlos, perfeccionarlos, corregirlos, formular nuevos retos, etc.
- La existencia y el papel que juegan las asociaciones, las comisiones internacionales y las sociedades de científicos.
- El papel y la diversidad de las formas de comunicación en la ciencia, en dos niveles: al interior de las comunidades de científicos y desde éstas hacia la sociedad. Donde se puede apreciar cómo las formas que se acuerdan para difundir el trabajo científico pueden llevar a que la ciencia avance aceleradamente.
- La existencia de una ciencia donde hay errores, contingencia, ideas que se desechan o decisiones que se toman para simplificar problemas ante la imposibilidad de abordarlos con los elementos disponibles.
- El papel que juegan las nuevas técnicas y las capacidades de los instrumentos en el avance científico.
- La compleja relación entre la ciencia y la técnica que desvirtúa las interpretaciones simplificadas en las que se atribuye a la ciencia completa objetividad ante una técnica influenciada por intereses "externos".
- La necesidad de que los científicos restrinjan los límites de sus investigaciones ante la extensión del conjunto del conocimiento, que va de la mano con el hecho de que

la ciencia hoy día, a diferencia de la ciencia del pasado, se lleva a cabo en grupos de investigación de diferente extensión en el que participan científicos de diferentes sitios, que, gracias a las posibilidades en la comunicación, trabajan apoyándose con grupos en otros lugares del mundo.

- La presencia de las mujeres en el trabajo científico y las razones por las que sus contribuciones no han sido valoradas.
- La influencia de factores que antes fueron considerados “externos” pero que han formado parte de la actividad científica a lo largo de su historia.

Es obvio que estos puntos no son abordados en la totalidad de los libros de texto. Algunos autores reflejan un mayor compromiso con esta “nueva” manera de hablar de la práctica científica; sin embargo, hay una mayor presencia de estos elementos en los textos publicados después de 1976 y tienen un impacto importante, al menos a nivel discursivo, ya que permiten de una u otra forma desarmar las ideas acerca del progreso, la objetividad, la individualidad, la universalidad, que se han mitificado en la escuela durante décadas y abren la posibilidad de entender la ciencia como posibilidad, diversidad, incertidumbre, contingencia, términos que hasta hace poco le eran ajenos pero que aparecieron al menos en la sociología de la ciencia, cuando los científicos empezaron a ser analizados de cerca en los lugares donde la ciencia se lleva a cabo (Knorr-Cetina 1981). Otro punto importante es que estos aspectos hacen siempre parte de los capítulos introductorios pero en los capítulos referentes al átomo este tipo de referencias discursivas no son tenidas en cuenta por los autores ante el peso e importancia que se confiere al estilo apodíctico en el que la prioridad es dar autoridad a los fenómenos y conceptos científicos.

En este punto es importante resaltar cómo la historia de la ciencia se centra en historias de un pasado lejano, la más reciente habla de los trabajos de Schrödinger y Heisenberg —y ya han transcurrido casi 80 años desde que recibieron sus premios Nobel de física— mientras que las menciones de la práctica describen una ciencia más actual, con lo que hay varias inconsecuencias en el manejo que se da de ésta en los libros de texto donde coexisten un método científico que habla de una ciencia normativizada que se ve lejana e inexistente, una práctica científica dinámica, actual, cambiante y unos episodios históricos de una ciencia que se contradice con la ciencia anteriormente descrita que sigue siendo individualista, deslocalizada, ideal, armada en retrospectiva. Estos tres escenarios, uno epistemológico, uno histórico y uno más práctico parecen

no tener elementos en común; cada relato, cada discurso va por su lado. Los autores de los libros han apostado sólo a lo histórico para acompañar a las entidades físicas, las leyes y los fenómenos, con lo que los contenidos al pasar la página de los capítulos introductorios de ciencia, método científico, etc., vuelven a centrarse en esa ciencia del pasado, la de héroes, mitos, progreso y aciertos (figura 6).

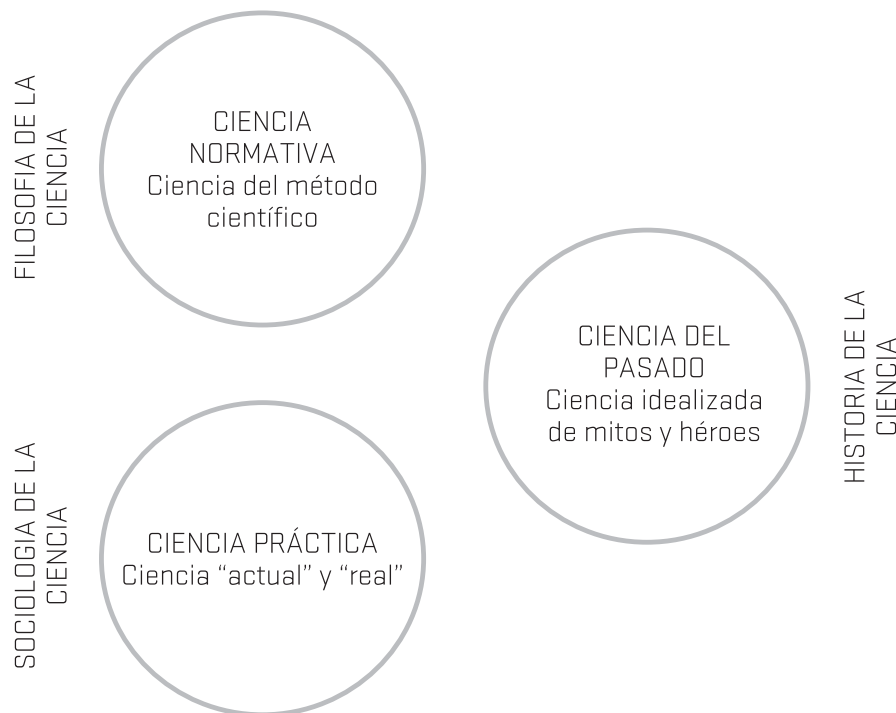


Figura 6. Tres escenarios desconectados coexisten en los libros de texto.

La historia que se introduce en los libros de texto es una historia que fue escrita hace mucho tiempo, obedeciendo esquemas de pensamiento que como ya se mencionó, tenían como intención soportar una idea de progreso científico; esas historias oficiales de siempre (Kolstø 2008) se han eternizado en los libros de texto porque los autores no se cuestionan qué papel juega la historia en la práctica científica y aún menos en la ciencia que sus libros transmiten. Sólo uno de los cinco libros que hacen mención a la historia señala que en ésta se pueden encontrar hechos experimentales que no se pueden explicar con las teorías aceptadas y que pueden poner en duda su validez (Libro 42 1984); los otros justifican su inclusión para mostrar cómo se ha avanzado en la explicación de la estructura de la materia. De otro lado, las controversias que podrían funcionar como puente entre lo histórico y la práctica científica son nombradas en sólo cuatro de los 61 libros de texto, con lo que es evidente que para los autores de los libros de texto no son un recurso a tener en cuenta, ya que la historiografía de la ciencia tampoco se interesó en ellas durante mucho tiempo.

7.2.5. La ciencia tentativa

La referencia al pasado contribuye también al relato de una ciencia cambiante, una ciencia inacabada, que “entendida como conjunto de conocimientos es abierta, se va ampliando con las nuevas aportaciones de los descubrimientos científicos, y está sometida a constante revisión, (Libro 35 1976:7)”. El carácter tentativo de la ciencia, como se aprecia en la tabla 9, es otro de los aspectos más tratados en los libros de texto, dos terceras partes de la muestra lo mencionan. El átomo resulta un tema muy propicio para hablar de esto:

“A pesar de los grandes avances de la ciencia, las dificultades de observación y experimentación son tantas que de ninguna forma podemos considerar el conocimiento del átomo como una meta alcanzada. Las ideas sobre el átomo están sometidas a constante revisión gracias al espíritu abierto de los científicos (Libro 35 1976:156)”.

En los libros analizados es posible identificar cómo esta idea de la ciencia como cuerpo de conocimientos que ha ido cambiando con el tiempo se ajusta a tres tendencias generales (figura 7):

- En los libros publicados antes de 1950 la referencia constante a una ciencia del pasado sirve para presentar los hechos recientemente encontrados; así, señala el camino de una ciencia que avanza, que rompe con conocimientos consolidados durante mucho tiempo. Es una visión esperanzadora, que en algunos casos presenta con asombro los nuevos conocimientos y sueña en voz alta con una ciencia que tal vez en el futuro logre explicar cosas hasta hoy inexplicables. Este relato tiene algo de ciencia ficción.
- Un período entre 1950 y 1976 donde se presenta una ciencia cambiante que da idea de progreso, entendido en dos sentidos, uno en el que la referencia al pasado sirve para señalar una ciencia errónea que es corregida por una ciencia actual que progresa a pasos agigantados y otro que es a la vez tentativo, que habla de un pasado erróneo pero que presume de que las ideas que actualmente dominan pueden también llegar a ser erróneas o dejar de ser ciertas en un futuro, porque la ciencia progresa cada día.
- En los libros publicados después de 1976 la idea de progreso persiste pero ahora el discurso cambia. El relato ya no se basa en los conceptos o nuevos descubrimientos que plantean revisiones y echan por tierra sólidos conceptos sino que ahora

el carácter tentativo se descarga principalmente en las teorías, las cuales por los nuevos descubrimientos deben ser revisadas, completadas, desechadas o reemplazadas por unas nuevas; una concepción que refleja ampliamente las ideas acerca de cómo avanza el conocimiento científico que siguieron al trabajo de Kuhn. El progreso ya no viene de la mano de los nuevos y asombrosos hallazgos sino por una lógica de avance científico explicada alrededor de esos cuerpos de conocimiento que son las teorías.

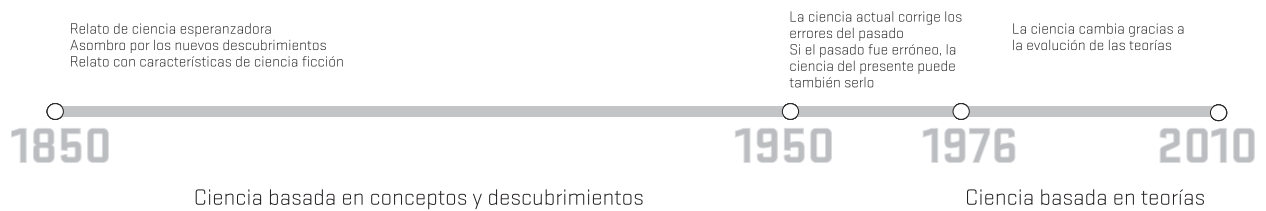


Figura 7. El relato del progreso en los libros de texto.

7.2.6. La verdad, la realidad y los instrumentos

Una parte de ese carácter tentativo de la ciencia del que se habló en la sección anterior, se descarga en las limitaciones de tipo técnico. Los instrumentos son claves a la hora de guiar el avance de la ciencia ya que permiten:

- Generar nuevo conocimiento: cosas que antes no se conocían luego son posibles gracias a ellos. Nuevas teorías son propuestas para explicar los hallazgos que ellos generan o sirven para comprobar cosas que hasta ahora eran sólo hipótesis.
- Cambiar el conocimiento existente: gracias a ellos es posible encontrar nuevos hechos que demuestran que cosas que se habían dado por sentadas no eran ciertas.
- Limitar el conocimiento: Su resolución, sensibilidad o capacidad puede marcar el límite hasta donde se puede llegar.

Este último punto es muy importante porque cuando la observación directa de los fenómenos gracias a los instrumentos alcanza ese límite, la ciencia se encuentra frente al dilema de la verdad/realidad de los no-humanos que crea. Esta discusión se hace mucho más propicia alrededor del tema del átomo. Sin embargo, sólo en 9 de los textos analizados se hace mención al papel de la verdad en la actividad científica. Esta discusión se puede entender en tres ámbitos:

- La verdad acerca de la existencia de los átomos asociada a la imposibilidad de verlos, que no desapareció cuando estos dejaron de convertirse en una hipótesis para

ser considerados reales, como se ve en estos dos extractos tomados de dos libros de texto publicados en 1942 y 1984 respectivamente:

“Lo mismo las moléculas que los átomos quizá no tienen existencia real, son concepciones imaginarias que nos permiten explicarnos la manera de estar constituida la materia (Libro 16 1942:171)”.

“Los átomos son tan pequeños que no podemos verlos ni con los más potentes microscopios. A pesar de ello, se han realizado muchísimos experimentos y estudiado muchas propiedades de los átomos, de manera que hoy su existencia se acepta como una realidad (Libro 42 1984:182)”.

- El tema de la verdad desde la representación de algo que no se puede ver, donde nuevamente surge la importancia y el papel que han jugado en la ciencia los modelos atómicos, que en gran parte son vistos como imágenes especulares de la realidad. En 1945 uno de los textos mencionaba “Realmente, la constitución del átomo difiere del sistema planetario, pues los electrones no recorren órbitas únicas y pueden saltar de unas a otras (Libro 18 1945:245)” y treinta años más tarde estas mismas órbitas aún eran tema de discusión:

“Ahora bien, la mecánica cuántica ha mostrado que tales órbitas carecen de realidad, sustituyéndolas por una nubes electrónicas de probabilidad u orbitales de formas y tamaños muy variados, con lo que la interpretación simplista de un salto electrónico deja de ser válida (Libro 38 1977:395)”

- La verdad como tema de discusión epistemológico, que se menciona al hablar de los objetivos, alcances y maneras de trabajar de la ciencia en los libros publicados después de 1976, donde incluso la verdad llega a ser presentada en un sentido historicista:

“Manejamos aquí el concepto de verdad en el sentido que tiene siempre en el terreno científico. Es decir, llamamos verdadero a lo que está de acuerdo con los conocimientos alcanzados en un momento histórico dado (Libro 33 1976:11)”

- Una verdad menos idealizada que muestra los límites de la actividad científica:

“La ciencia no busca ni puede conseguir la verdad absoluta. El mundo es como es, y el científico sólo puede acercarse a él e intentar comprenderlo y explicarlo (Libro 54 1998:16)”

- La verdad como elemento para poner en tela de juicio atributos de la ciencia idealizada como su objetividad:

validan, modifican, retocan, reemplazan y los hechos del mundo físico, que son los que los limitan. Esto explica claramente porqué, cuando aparecen en los libros de texto, llegan para ser protagonistas, para constituirse en vínculos muy conectados en las redes. Ellos dinamizan ampliamente la imagen de ciencia que se transmite en el libro de texto. Además es evidente que sus “vidas” están marcadas por las ideas de progreso, éxito y fracaso, de las que ya se ha hablado previamente.

- Los modelos entendidos como representaciones que juegan un papel didáctico, como “simplificar” el fenómeno que explica. Al describirlos en términos didácticos pierden algo de la rigidez del discurso científico y se les puede encontrar descritos en términos más coloquiales como pasa con el modelo mecánico-cuántico, del que se dice que es “valioso” a pesar de ser matemático, difícil de representar, incapaz de representar en imágenes, difícilmente entendible, alejado de la realidad cotidiana y menos intuitivo. Sólo desde esta última perspectiva didáctica pueden llegar a ser entendidos como representaciones de los fenómenos que basados en los modelos teóricos científicos se instalan por transposición en el discurso del aula de clase (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich 2009).

Todos los elementos hasta ahora mencionados y que reflejan las posturas epistemológicas en el libro de texto están ampliamente conectados como se aprecia en la figura 9.

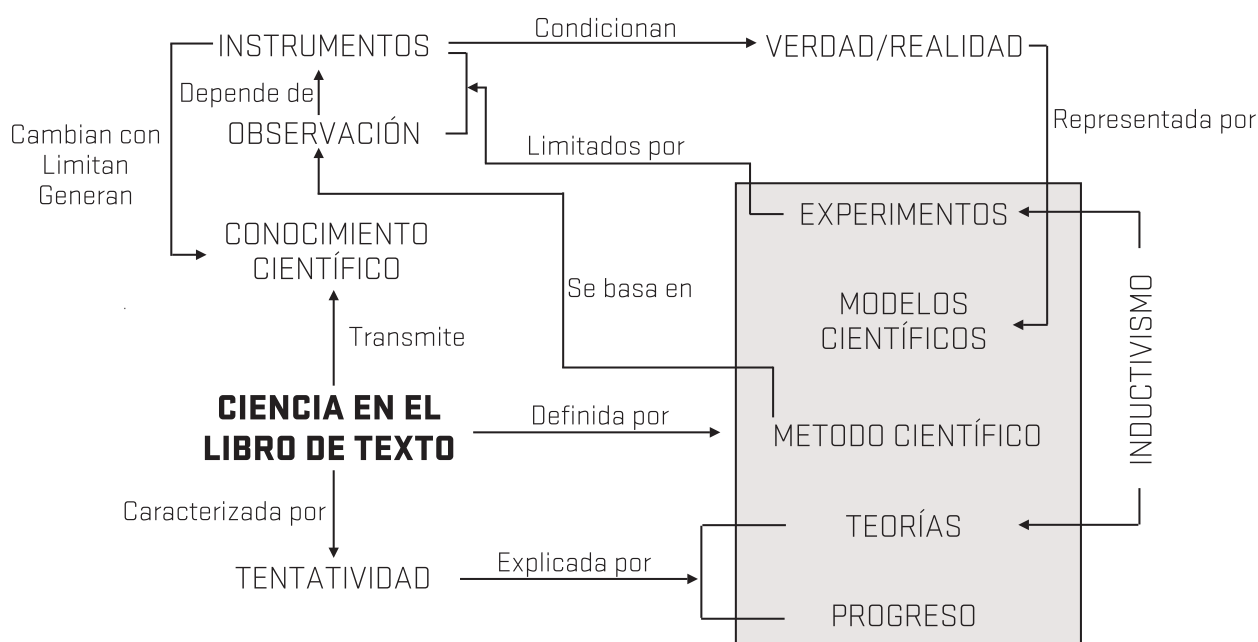
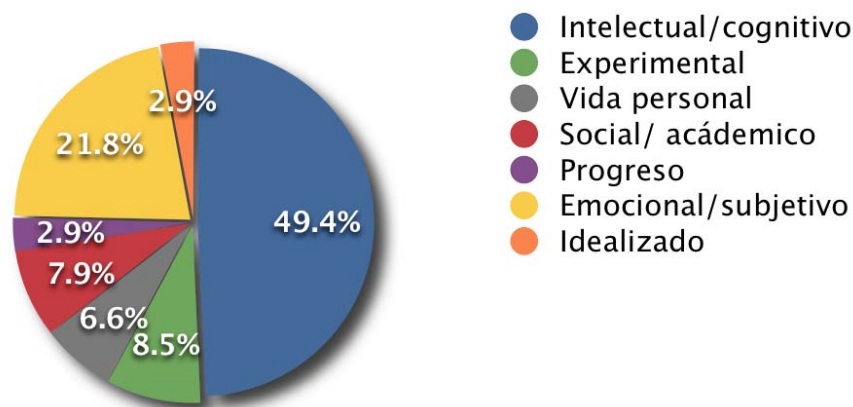


Figura 9. Relaciones entre los elementos que dan cuenta de las creencias acerca de la naturaleza de la ciencia en los libros de texto analizados.

confiere a las actividades de índole cognitivo dentro del quehacer de los científicos, casi la mitad de las acciones, que al compararse con las actividades de carácter experimental dan una idea de cómo el científico se caracteriza fuera del laboratorio.



Gráfica 2. Distribución porcentual de las acciones realizadas por los humanos en el libro de texto.

Este resultado se hace más interesante si se revisa a la par con la nube que muestra las acciones que se vinculan con los científicos (figura 10) donde se aprecia cómo la mayor recurrencia corresponde al verbo “descubrir”, con lo que surge la pregunta acerca de qué implica descubrir para el autor del libro de texto. Pereira y Amador (2007) habían resaltado también el uso del verbo descubrir en un análisis de manuales escolares de ciencias de la naturaleza de quinto año elemental. Para estas investigadoras el uso de éste puede estar asociado con una intención motivadora por parte de los autores, quienes lo entienden como lazo para hacer más accesible el conocimiento científico. No obstante, un análisis más detallado de nuestros textos refleja que el descubrimiento siempre está dotado de un carácter puntual. Descubrir implica generalmente una fecha y un algo (casi siempre un no-humano) que se descubre, pero pocas veces ese descubrimiento viene acompañado de una descripción del mismo. El descubrimiento aparece entonces como otro de los elementos discursivos que mitologizan la actividad científica. Tal como señala Woolgar (1976), la noción de descubrimiento está asociada a una revelación instantánea o una percepción repentina que favorece la imagen de descubrimiento como evento puntual, en vez de como proceso. Así, el hecho de que descubrir sea la acción que más se emplea para describir qué hacen los científicos nos revela un resultado interesante acerca de la ciencia que está en el imaginario de quienes escriben los libros de texto, pero también abre una posibilidad de ver el descubrimiento como un potencial elemento que podría ser tratado en el libro de texto de una manera diferente para entender de otra forma la actividad científica y el trabajo de los científicos.

Si ahora complementamos esta información con el análisis de los resultados del nodo VI del formato de recolección de datos, podemos profundizar en algunos aspectos adicionales. Inicialmente, en la tabla 9 se presenta los resultados consolidados de esta información. Está separada para cada uno de los diez bloques en que se han agrupado los libros de texto, presenta el porcentaje de humanos que dentro de cada libro de texto son nombrados por su nombre completo, si aparece su nacionalidad, las fechas y lugares de nacimiento y defunción, si se adjunta su imagen y si se describen rasgos de su actividad o personalidad en términos idealizados. Es importante apreciar cómo antes de 1976 el número de humanos era escaso, con algunas contadas excepciones y cómo después de esta fecha se nota una tendencia general al incremento en el número de ellos, resultado que ya se había evidenciado en el análisis de las redes. Adicionalmente los resultados permiten evidenciar que el relato de la ciencia en los libros de texto se caracteriza por:

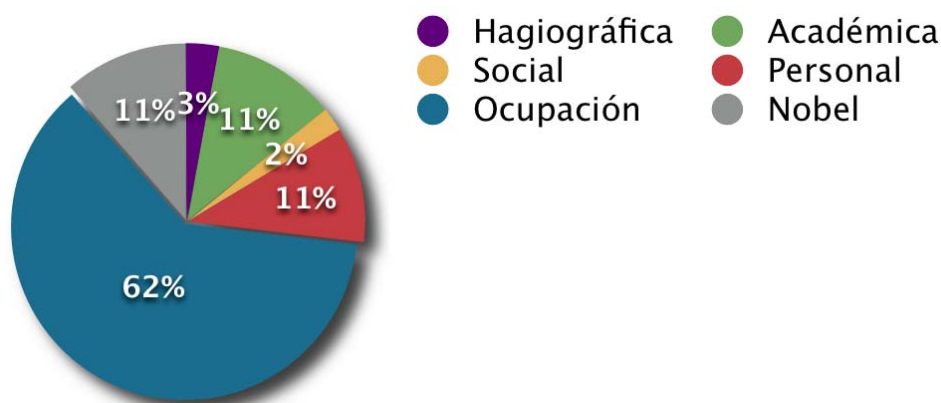
Año	Libro	No. humanos	Nombre completo	Nacionalidad	Fecha nac/def	Lugar nac/def	Imagen	Rasgos hagiográficos
1845	1	0						
1850	2	1	0	0	0	0	0	0
1883	3	0						
1884	4	1	0	0	0	0	0	0
1902	5	0						
1911	6	1	0	0	0	0	0	0
1921	7	10	0	0	0	0	0	0
1924	8	5	20%	20%	20%	20%	20%	0
1927	9	4	0	0	0	0	0	0
1934	10	6	0	17%	0	0	0	17%
1935	11	11	54%	82%	73%	73%	0	45%
1939	12	6	0	0	0	0	0	0
194-	13A	0						
194-	13B	14	0	36%	0	0	0	0
194-	14	16	25%	19%	19%	12%	0	0
1940	15	1	0	0	0	0	0	0
1942	16	0						
1943	17	6	0	0	0	0	0	0
1945	18	4	0	0	0	0	0	0
195-	19	0						
195-	20	2	0	50%	50%	50%	0	50%
1954	21	1	0	100%	0	0	0	0
1954	22	5	0	0	0	0	0	0
1954	23	0						
1954	24	1	0	100%	0	0	0	100%

Año	Libro	No. humanos	Nombre completo	Nacionalidad	Fecha nac/def	Lugar nac/def	Imagen	Rasgos hagiográficos
1956	25	1	0	0	0	0	0	0
1965	26	0						
1966	27	2	0	50%	0	0	0	0
1967	28	10	0	0	0	0	0	0
1969	29	2	100%	100%	0	0	0	0
1970	30	3	67%	67%	0	0	0	0
1971	31	3	0	33%	0	0	0	0
1972	32	3	33%	33%	67%	0	33%	33%
1976	33	13	23%	23%	77%	0	7%	7%
1976	34	4	0	50%	0	0	0	0
1976	35	8	25%	25%	0	0	0	50%
1976	36	14	43%	21%	21%	0	21%	0
1976	37	11	0	0	0	0	0	0
1977	38	11	0	0	0	0	0	0
1977	39	14	50%	50%	50%	0	0	0
1978	40	7	0	71%	0	0	0	14%
1984	41	39	10%	8%	28%	0	0	0
1984	42	2	0	0	0	0	100%	0
1987	43	8	25%	38%	0	0	0	0
1990	44	2	0	0	0	0	0	0
1991	45	8	38%	75%	12%	0	12%	0
1991	46	12	25%	33%	17%	0	8%	0
1991	47	13	31%	85%	54%	0	43%	15%
1991	48	7	43%	71%	0	0	28%	0
1994	49	18	22%	56%	17%	0	17%	17%
1994	50	11	37%	18%	0	0	0	0
1995	51	7	14%	86%	71%	0	14%	0
1995	52	7	14%	0	0	0	0	0
1996	53	7	14%	28%	0	0	0	0
1998	54	27	26%	78%	56%	4%	0	4%
1998	55	14	36%	0	0	0	29%	0
2002	56	7	28%	86%	28%	0	14%	0
2002	57	11	54%	64%	36%	0	36%	0
2008	58	33	45%	54%	27%	0	27%	46%
2008	59	12	42%	58%	42%	0	0	8%
2010	60	30	8%	27%	7%	0	53%	3%

Tabla 9. Resultados generales de la información que se presenta para los humanos en los libros de texto.

- La presencia de humanos deslocalizados espacio-temporalmente. Sólo en poco más de la mitad de los textos se menciona su nacionalidad y en quince de los textos esta información se suministra para menos de la mitad de los humanos que aparecen en el relato. El lugar de nacimiento y defunción sólo aparece en cinco de los libros analizados, y el año de nacimiento y defunción aparece sólo en una tercera parte de los libros de texto y en ninguno de los casos hay consistencia en presentar esta información para todos los humanos mencionados.
- Humanos despersonalizados. Hasta 1991 los libros de texto se referían a los humanos principalmente por su apellido e incluso en algunos casos en términos genéricos. El protagonista del relato es el químico, los filósofos griegos o los esposos Curie, pero no personas con nombre propio. Los científicos son un conjunto de apellidos que imposibilitan saber si son hombres o mujeres, hecho que se complementa con la ausencia de imágenes, ya que sólo en 17 de los libros aparecen imágenes de los humanos, dos casos antes de 1976.
- La presencia de humanos descontextualizados que se puede analizar en el tipo de información que de ellos se presenta en el libro de texto. Ésta se encuentra en la gráfica 3 y allí es claro cómo los libros de texto priorizan información acerca de la ocupación de los humanos en vez de profundizar en otros detalles. Menos del 40 % de la información adicional que se suministra de ellos está relacionada con eventos de su vida personal, académica y social. En el gráfico se aprecia también la importancia que en el discurso científico escolar tiene el premio Nobel como elemento que permite hablar de unos científicos reconocidos que han alcanzado este máximo galardón de la comunidad científica. En muchos casos esta información viene acompañada de la fecha en la que el científico ganó el premio, con lo cual es posible localizarlo temporalmente, pero en muy pocas ocasiones se menciona la razón por la que lo ganó, con lo que es un indicador más de una imagen de ciencia que conduce al éxito y en las que los procesos han sido excluidos.
- En algunos casos humanos mitologizados. En ocho de los libros analizados hay descripciones de las actividades de los humanos que propician imágenes desbordadas de superhombres que “poseen todas las distinciones científicas universales”, “genios extraordinarios que han alumbrado la humanidad”, vidas que “dentro del marco de modestia y hombría de bien que le caracterizaron, fue una serie continuada de triunfos en el terreno científico” u “hombres brillantes que atribuyen sus éxitos a la perseverancia, desaliñados, cordiales a los que les encantaba planear y realizar

experimentos". Este tipo de descripciones ha estado presente en todos los períodos analizados y resalta el hecho de que en la totalidad de los textos del último bloque presente algún tipo de relatos con estas características. Como se mencionará en la sección 8.1, estos son los libros más humanizados, con lo que es posible suponer que este incremento en los relatos sobre la vida de los científicos se basa en el uso de estos recursos discursivos que han sido criticados ampliamente por investigadores en didáctica de las ciencias.



Gráfica 3. Distribución de la información adicional acerca de las actividades de los humanos en el libro de texto.

Finalmente, si de nuevo relacionamos lo anterior con el análisis de las redes, es posible, como se había mencionado previamente, establecer un patrón general: libros inhumanos \Rightarrow humanización \Rightarrow colectivización, con puntos de inflexión en 1976 y 1991. Si se revisa la distribución de los nodos de la tabla 10, donde aparece la información referente al número de nodos correspondientes a humanos, el número de éstos que son "pendant edges" y el número de conexiones entre humanos dentro de las redes, los resultados muestran que la humanización y la colectivización pueden ser consideradas insuficientes ya que la localización de los humanos dentro de las redes es fundamentalmente periférica (en promedio el 46% de los humanos son "pendant edges") y da cuenta de una idea de ciencia donde aquellos que hacen la ciencia están desconectados de las redes que en los libros de texto describen la actividad científica.

Año	Libro	No. nodos	No. "pendant edges"	Humanos "pendant edges"	Total nodos humanos	% humanos como "pendant"	% (humanos "pendant" /total humanos)	Conexiones humano-humano
1845	1	17	8	0	0	0	NH*	0
1850	2	16	4	1	1	25	100	0
1883	3	13	2	0	0	0	NH	0
1884	4	19	13	0	1	0	0	0
1902	5	21	5	0	0	0	NH	0
1911	6	29	14	1	1	7	100	0
1921	7	59	15	3	10	20	30	1
1924	8	41	19	2	5	11	40	1
1927	9	26	11	3	4	27	75	0
1934	10	47	19	3	6	16	50	0
1935	11	88	53	2	13	4	15	5
1939	12	32	14	4	6	29	67	1
194-	13A	41	11	0	0	0	NH	0
194-	13B	77	35	6	16	17	38	2
194-	14	89	30	8	16	27	50	2
1940	15	30	10	0	1	0	0	0
1942	16	15	8	0	0	0	NH	0
1943	17	45	19	2	7	11	29	0
1945	18	35	16	2	4	13	50	0
195-	19	16	7	0	0	0	NH	0
195-	20	16	12	1	2	8	50	1
1954	21	31	10	1	1	10	100	0
1954	22	34	17	4	5	24	80	0
1954	23	21	9	0	0	0	NH	0
1954	24	19	9	1	1	11	100	0
1956	25	22	13	0	1	0	0	0
1965	26	26	10	0	0	0	NH	0
1966	27	31	12	1	2	8	50	0
1967	28	48	24	8	10	33	80	1
1969	29	23	7	0	2	0	0	0
1970	30	22	10	2	3	20	67	0
1971	31	19	8	2	3	25	67	0
1972	32	24	7	0	3	0	0	0
1976	33	74	35	10	19	29	53	2
1976	34	34	11	1	4	9	25	1
1976	35	43	20	5	8	25	63	0
1976	36	69	30	8	14	27	57	0
1976	37	38	10	5	11	50	45	2

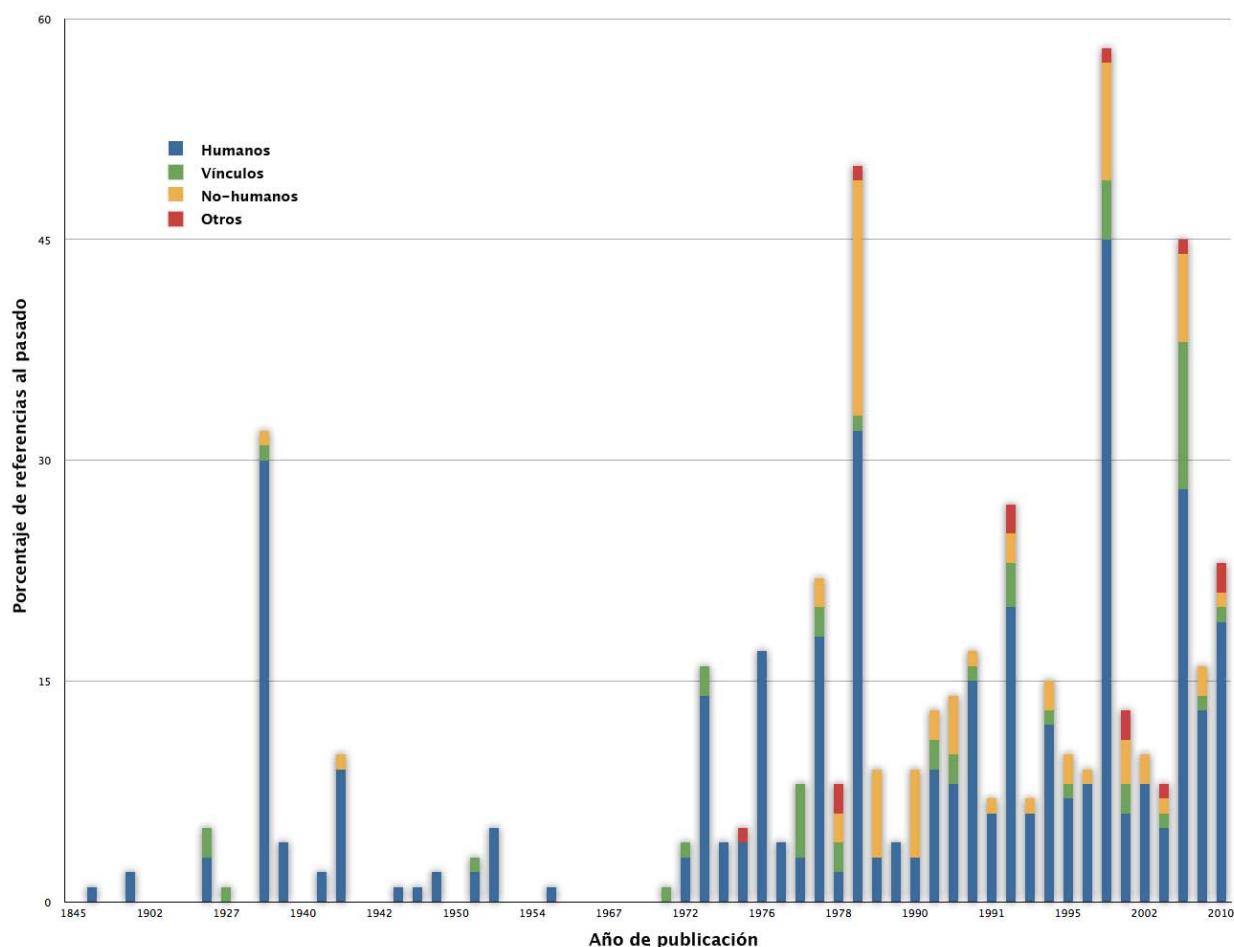
Año	Libro	No. nodos	No. "pendant edges"	Humanos "pendant edges"	Total nodos humanos	% humanos como "pendant"	% (humanos "pendant" /total humanos)	Conexiones humano-humano
1977	38	55	26	6	11	23	55	2
1977	39	78	30	6	15	20	40	2
1978	40	72	31	4	7	13	57	0
1984	41	139	58	22	41	38	54	2
1984	42	26	5	0	3	0	0	0
1987	43	50	21	5	8	24	63	0
1990	44	35	10	0	2	0	0	0
1991	45	55	23	4	9	17	44	0
1991	46	64	31	8	14	26	57	3
1991	47	71	26	4	13	15	31	2
1991	48	42	14	1	7	7	14	3
1994	49	106	47	5	18	11	28	10
1994	50	50	22	8	11	36	73	2
1995	51	45	18	4	8	22	50	0
1995	52	27	8	1	7	13	14	0
1996	53	34	15	3	7	20	43	2
1998	54	101	24	8	27	33	30	4
1998	55	52	31	7	15	23	47	1
2002	56	36	17	4	7	24	57	0
2002	57	56	22	2	11	9	18	5
2008	58	122	44	13	34	30	38	10
2008	59	43	13	9	12	69	75	0
2010	60	84	33	18	30	55	60	6

Tabla 10. Detalle de algunas relaciones de los nodos humanos: "pendant edges" y conexiones humano-humano.

*NH: no hay humanos en el libro de texto.

7.3. SOBRE LA DIMENSIÓN TEMPORAL

El análisis presentado en este punto, y que nos sirve para dar una idea de cómo manejan los autores de los libros de texto las referencias temporales al pasado, es relevante para evidenciar de qué aspectos de la ciencia del pasado se valen los autores para escribir su ciencia del presente. En la gráfica 4 se presenta el consolidado del número de referencias temporales por libro de texto. Adicionalmente se han clasificado teniendo en consideración qué tipo de actor se asocia a cada evento histórico mencionado.

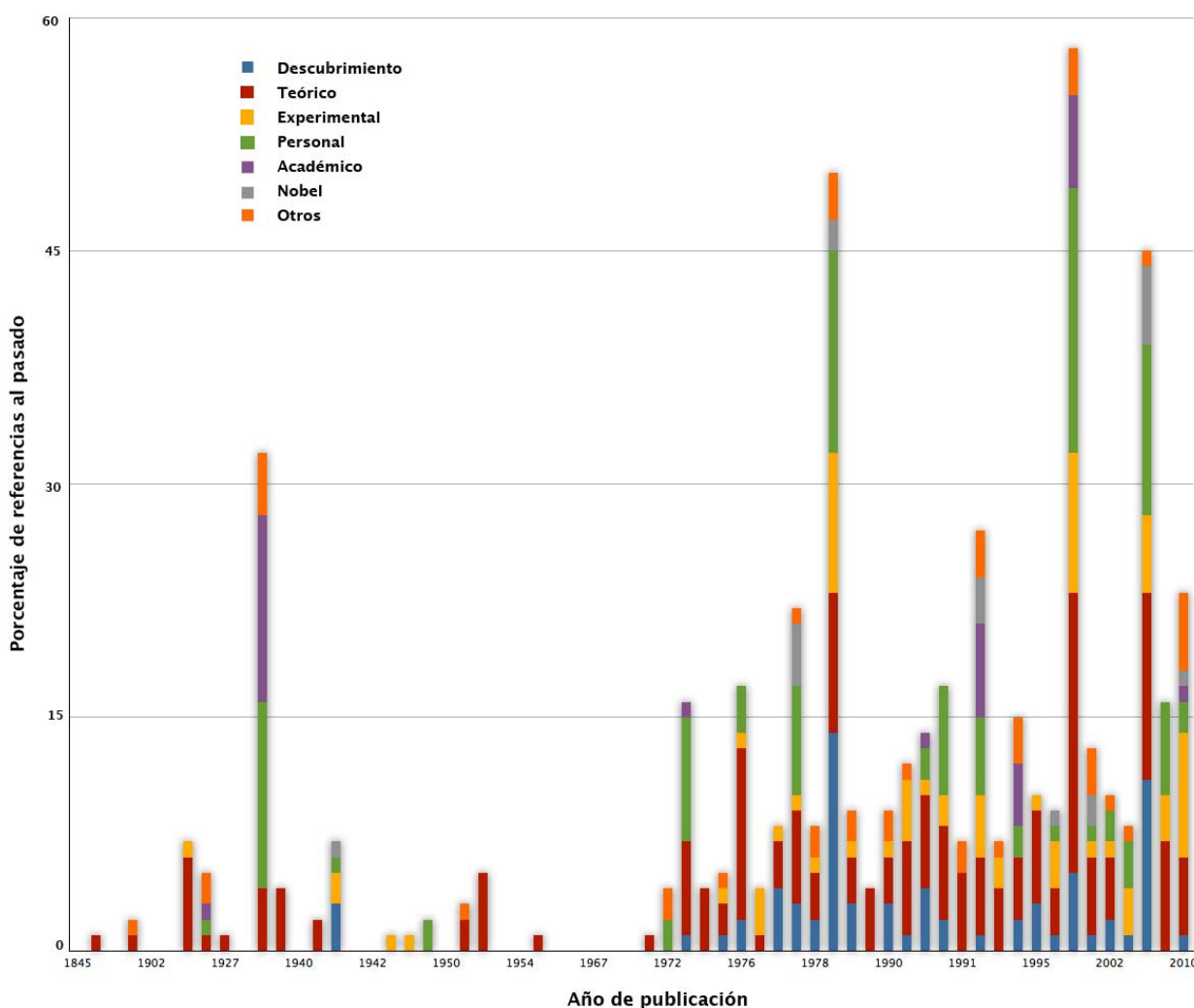


Gráfica 4. Número de menciones al pasado histórico en función del año de publicación.

En estos resultados se aprecia la presencia de dos grupos macro, correspondientes a los libros publicados antes y después de 1972. Antes de esta fecha sólo unos pocos libros tenían en cuenta el pasado histórico de la ciencia a la hora de presentar sus contenidos mientras que después de este año la totalidad de los textos analizados hace uso de la mención al tiempo pasado. No obstante, el promedio de menciones a eventos del pasado por página después de 1976 es de tan sólo un evento en cada página con lo que podríamos hablar de una ciencia prácticamente atemporal. Asimismo, es importante observar cómo los científicos son el eje del relato del pasado de la ciencia, cómo alrededor de ellos se hace mención a los eventos que haciendo uso de la historia ayudan a soportar un relato de la ciencia del presente. También es interesante cómo los no-humanos tienen mucho que aportar en términos de permitir contar la ciencia desde los eventos ocurridos anteriormente. En este sentido, es relevante mencionar que su papel protagónico en este recuento de la ciencia del pasado tiene que ver principalmente con el hecho de su descubrimiento. En la gráfica 5 se representan las menciones a eventos históricos clasificadas de acuerdo al tema al que se refiere el hecho: descubrimientos, episodios que relatan ciencia de carácter teórico –por ejemplo

enunciado de leyes o proposición de un modelo, episodios de carácter experimental o episodios de la vida personal y académica—, y se separan en una categoría los eventos relacionados con el premio Nobel.

Como se aprecia en el gráfico, en casi en todos los libros los descubrimientos juegan un papel importante a la hora de hacer referencia al pasado de la ciencia. No obstante, nuevamente los episodios que se refieren al carácter teórico de la ciencia son los más relevantes y tienen dominio sobre los de eventos de tipo experimental, resultados que coinciden con observaciones que se han discutido anteriormente acerca de la imagen de ciencia que se maneja en los libros de texto. También es importante resaltar la importancia que tiene el premio Nobel como parte de la actividad académica de los científicos. Asimismo es importante notar que después de 1976 no sólo se incrementa el volumen de la información histórica sino que ésta también se diversifica, producto de los procesos de humanización del relato científico que se ha venido señalando en este capítulo.



Gráfica 5. Temas a los que se refieren las menciones al pasado histórico en función del año de publicación.

7.4. ANÁLISIS DE LAS IMÁGENES CONTENIDAS EN LOS LIBROS DE TEXTO

La tabla 11 muestra la distribución de las imágenes en los libros de texto. Bajo la categoría “imágenes” se incluyeron todos los grabados, fotografías, ilustraciones (dibujos) y esquemas que dentro del texto se hallan numeradas y/o con descriptores al pie de imagen o dentro del texto que permitan identificar su intención dentro del mismo, esta información es la base para asignar la imagen a cada una de las categorías que se analizaron: laboratorios, equipamientos, instrumentos, imágenes que resaltan información experimental (aquí se evaluó en qué libros aparecían el experimento de Rutherford y los tubos de gases, ya sean catódicos o de rayos canal) o teórica (que se usan para explicar conceptos o leyes etc.; se identificaron además específicamente las que se usan para explicar la interpretación del experimento de Rutherford), actividad científica (desglosados en los que representan científicos ya sea trabajando de manera individual o colectivamente), científicos e imágenes que representan átomos o moléculas (especificando las que corresponden a modelos atómicos); en la categoría otras se asignaron las que incluyen imágenes de la vida cotidiana, mapas, sustancias y todas aquellas que no tienen un pie de página. En términos de la calidad de impresión hay un dominio de la monocromía hasta 1956, el empleo de las dos tintas y algunos libros con 3 o 4 tintas usadas para resaltar títulos y viñetas hasta 1984, y un dominio total de la policromía en los libros publicados desde 1987 hasta ahora.

Es evidente que tal como se ha venido mencionando en este capítulo hay un cambio sustancial en los libros de texto a partir de 1976. Al analizar las imágenes, esto se refleja en la presencia de imágenes que representan la actividad científica, los científicos y los modelos atómicos. Antes de esta fecha la gran mayoría de las imágenes estaban destinadas a la representación de experimentos, átomos y moléculas y sólo en dos casos a presentar científicos; en términos del análisis gráfico se podría decir que los libros del período 1850-1976 están deshumanizados.

Año	Libro	No. colores	No. pag analiz	No. imágen	Laboratorio	Equipamiento	Instrumento	Esquema exp	Exp. Rutherford	Tubo catódico	Esquemas teóricos	Int. exp. Rutherford	Activ. científi	Trabajo individual	Trabajo en grupo	Científicos	Represent. molécula	Represent. átomo	Thomson	Rutherford	Bohr	Nube carga	Otros
1845	1	1	6	0																			
1850	2	1	7	0																			
1883	3	1	4	0																			
1884	4	1	5	0																			
1902	5	1	4	0																			
1911	6	1	16	0																			
1921	7	1	17	4				4															
1924	8	1	13	3	1			1															1
1927	9	1	4	0																			
1934	10	1	13	2							2												
1935	11	1	21	1							1												
1939	12	1	5	0																			
194-13A		1	14	4													1	3					
194-13B		1	11	2														2					
194-14		1	12	5													1	4					
1940-15		1	7	6														6					
1942-16		1	4	1				1															
1943-17		1	6	6	1			2	1								3						
1945-18		1	8	6							1						2	3					
195-19		1	6	0																			
195-20		1	4	1							1												

Año	Libro	No. colores	No. pag analiz	No. imágenes	Laboratorio	Equipamiento	Instrumento	Esquema exp	Exp. Rutherford	Tubo catódico	Esquemas teóricos	Int. exp. Rutherford	Activ. científ	Trabajo individual	Trabajo en grupo	Científicos	Represent. molécula	Represent. átomo	Thomson	Rutherford	Bohr	Nube carga	Otros
1954	21	1	6	5				5															
1954	22	1	6	1														1					
1954	23	1	6	6				3									1						2
1954	24	1	15	4				1									2						1
1956	25	1	12	2				1									1						
1965	26	3	9	6				3									3						
1966	27	2	5	1							1												
1967	28	2	7	4														4					
1969	29	2	9	5				2									2	1					
1970	30	1	7	0																			
1971	31	cmyk*	12	13				4			6						2	1					
1972	32	2	32	5	1			1									1	2					
1976	33	2	33	22	1		1	4	1		5	1	3	1	1	4		2	1				2
1976	34	2	4	6													1	5					
1976	35	cmyk	19	15				1			1	1	1	1	1	2		7				1	3
1976	36	2	17	19			1	3	1	2*	1	1	2	1		6		4	1		1	1	2
1976	37	2	10	16			3	7				1				2		1					3
1977	38	2	20	7	1						6												
1977	39	2	18	15				1	1		14	1											
1978	40	2	23	31	2	1	1	7	1	4	11	1				1	2	3		1			3
1984	41	cmyk	57	33			1	12	1	3	17	1						2					1

Año	Libro	No. colores	No. pag analiz	No. imágen	Laboratorio	Equipamiento	Instrumento	Esquema exp	Exp. Rutherford	Tubo catódico	Esquemas teóricos	Int. exp. Rutherford	Activ. científí	Trabajo individual	Trabajo en grupo	Científicos	Represent. molécula	Represent. átomo	Thomson	Rutherford	Bohr	Nube carga	Otros	
1984	42	2	8	18				2			4					2	5	4				2	1	
1987	43	PC**	12	13				1			6							1					5	
1990	44	PC	8	18				3			1						5	6				3	3	
1991	45	PC	25	37				4	1	2	4	2	2		2	1	9	13		1		1	4	
1991	46	PC	12	13				4	1		3	1				4		2						
1991	47	PC	20	32	1		5	3		1	9	1	1			6							7	
1991	48	PC	11	17				1	1		8	1	1		1	2		5	1	1		1		
1994	49	PC	23	29	1	3		5	1	1	13	1				5	1	1						
1994	50	PC	9	8							8													
1995	51	PC	30	18				2			2					1	3	8	1	1	1		2	
1995	52	PC	15	22			2				6		1	1		1		6	1	1			6	
1996	53	PC	5	11				3		3	3	1					1	3		1			1	
1998	54	PC	11	34			4	5	1	2	14	1	3	2	1			6	1	2			2	
1998	55	PC	16	24				1	1		1		1	1		7	2	3	0				9	
2002	56	PC	4	17	3			2			1		2			3	1	1					4	
2002	57	PC	11	15			1	3		1	2	1	1		1	5		2		1			1	
2008	58	PC	25	41			1	10	1	4	13	1				8		7	1	1	1	1	2	
2008	59	PC	9	15				2			1		4	2	1		2	3					3	
2010	60	PC		58				2	1		4					30	2	6		2			14	

Tabla 11. Información referente a las imágenes en los libros de texto.

* cmyk: cuatricromía, tintas directas

** PC: policromía

En el período de tiempo analizado (casi 160 años) sólo aparecen tres tipos de laboratorios: el laboratorio alquímico, el laboratorio de Lavoisier y lo que los textos llaman laboratorio actual (figura 11), éstos representan tres estadios de la actividad química, el antes y el después del acto fundacional marcado por el trabajo de Lavoisier. La ausencia en los libros de texto de los lugares donde se produce la ciencia da una idea en términos gráficos de deslocalización, idea que ya se había planteado anteriormente, y que además evidencia la desconexión total entre la ciencia escolar y la ciencia “real”; un ejemplo de ello es una figura presentada en el libro 40, publicado en 1978, con un pie de imagen que dice: “Los experimentos se realizan generalmente en laboratorios” y que muestra un laboratorio del siglo XVIII.

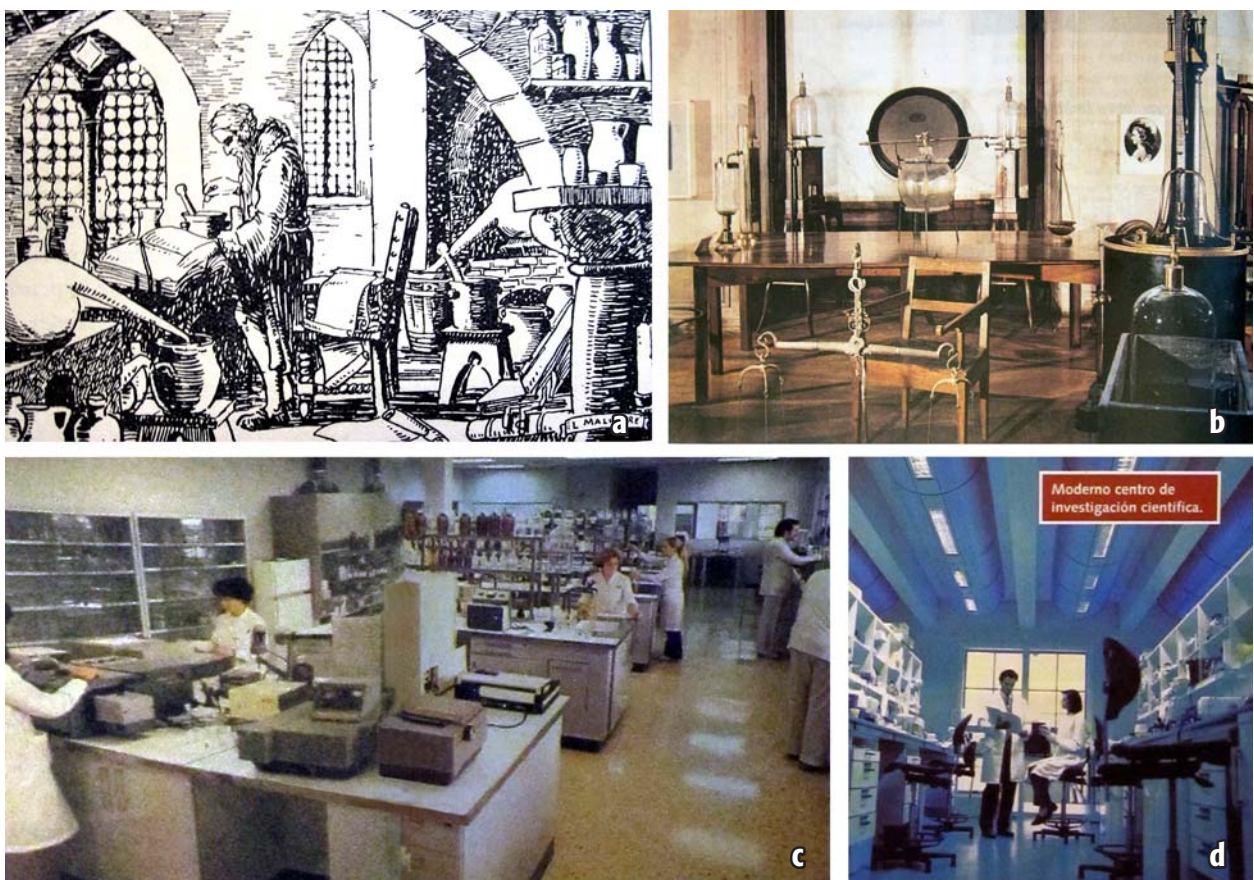


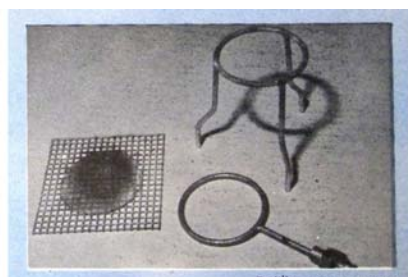
Figura 11. Los laboratorios en las imágenes de los libros de texto. a. Laboratorio alquímico, b. Laboratorio de Lavoisier, c y d. Dos imágenes de “laboratorio actual”.

En cuanto a los equipamientos su presencia en los libros de texto es prácticamente nula, con excepción de tres libros de texto donde aparecen imágenes de dos observatorios astronómicos, un acelerador de partículas y una planta nuclear. Después de 1976 aparecen también los instrumentos y llama la atención nuevamente la obsolescencia de las imágenes que se presentan (figura 12): dos imágenes de implementos propios de laboratorio de ciencia escolar, 2 imágenes de mecheros, un telescopio antiguo, una foto del aparato de Thomson; lo más “moderno” son dos fotos de espectroscopios. Llama la atención que la sección donde más aparecen instrumentos es la de medida, en los capítulos introductorios de 3 libros de texto. Luego, en los capítulos de estructura, aparecen continuamente imágenes de tubos de rayos catódicos aunque como se mencionará más adelante, forman parte generalmente de explicaciones experimentales.

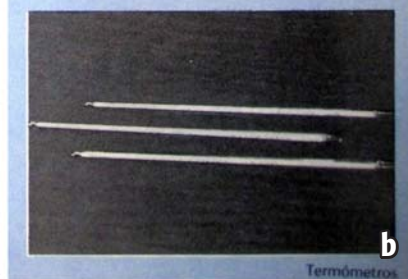


Muchos instrumentos de medida llevan un mando para ajustar este punto cero.

- Muchos de los instrumentos electrónicos son tan sensibles que la lectura está constantemente oscilando.



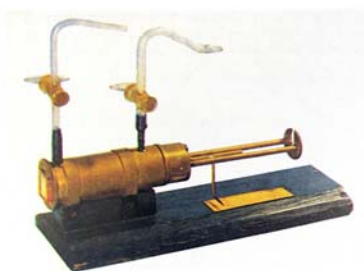
Rejilla, aro y soporte



Termómetros



c



Aparato de Thomson donde se determinó la relación e/m del electrón

d



Figura 12.5. Mechero de Bunsen.

e

Figura 12. Los instrumentos en las imágenes de los libros de texto. a. Instrumentos de medida, b. Implementos de laboratorio, c. Tubo de rayos catódicos, d. Aparato de Thomson, e. Mechero de Bunsen.

Uno de los usos más difundidos para las imágenes en los libros de texto analizados está relacionada con resaltar aspectos experimentales de la ciencia (figura 13). En este

sentido la imagen intenta acercar al estudiante a la realidad de uno de los aspectos que caracterizan la actividad química. Las imágenes van acompañadas de descripciones de diversa extensión acerca del proceso u operación que representan, en algunos casos repetibles en el ámbito escolar pero en otros no; en otros casos aparece el esquema simplificado del montaje experimental con los nombres de cada una de sus partes como la imagen e, donde se representa el experimento de la gota de aceite de Millikan.

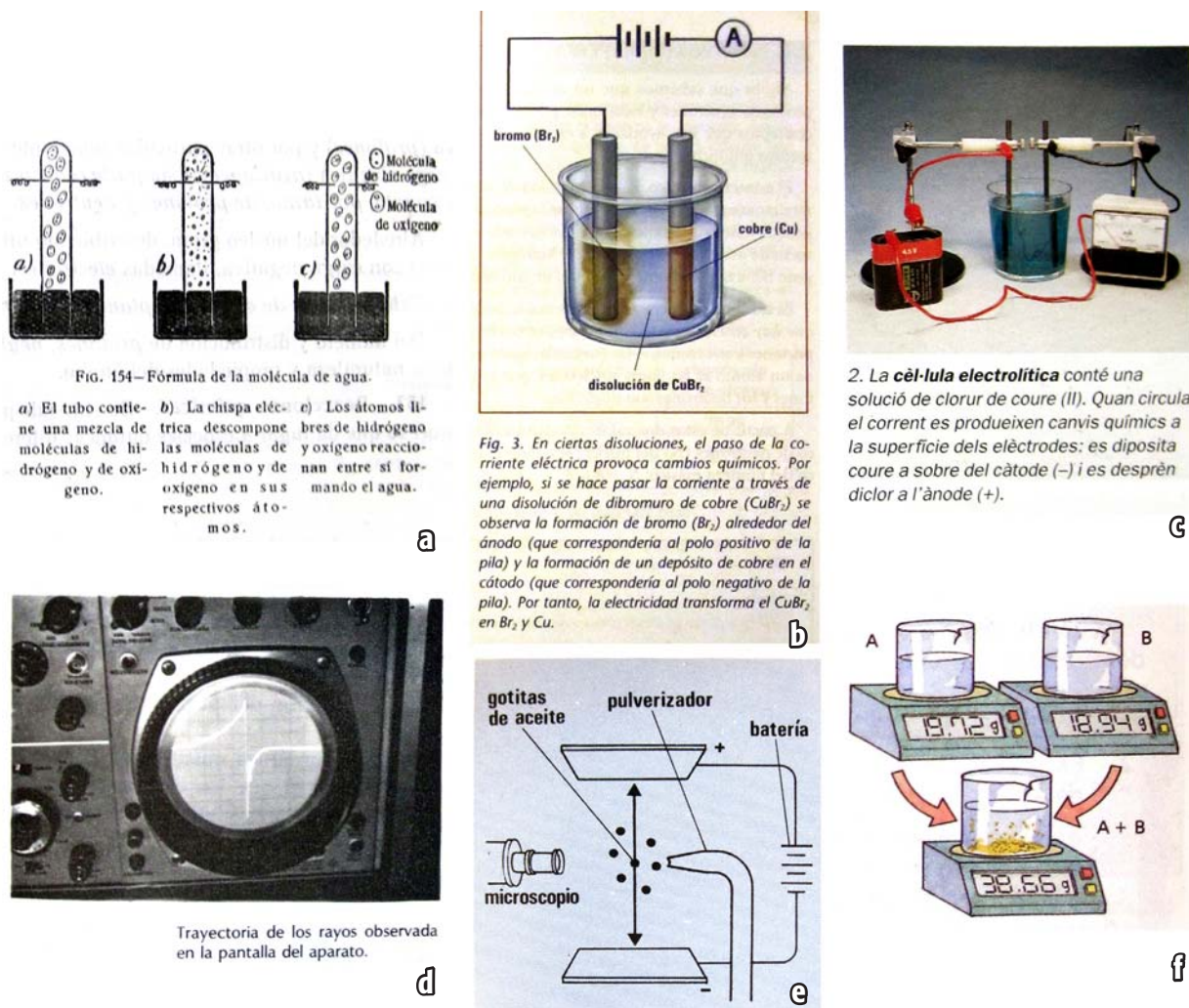


Figura 13. Los experimentos en las imágenes de los libros de texto. a, b y c. Experimentos electrolíticos, d. Resultados de un experimento en un osciloscopio, e. Experimento de Millikan, f. Experimento para verificar la ley de conservación de la masa.

Es importante resaltar que después de 1976 las imágenes más recurrentes en la categoría “experimentos” son la división de un haz radiactivo en partículas alfa, beta y gama; las experiencias con tubos de rayos catódicos que condujeron al descubrimiento del electrón y el experimento de Rutherford. La primera imagen del experimento que comprobó la composición de la radiación radiactiva en tres tipos de radiaciones distintas aparece por primera vez en el libro publicado en 1924 (algunas imágenes se presentan

en la figura 14, la más antigua es la figura 14a). Al revisar las figuras es evidente cómo en los casi 85 años desde la primera imagen hasta la última (14d publicada en 2008) la representación de este experimento no ha cambiado, este es un claro ejemplo de la inmutabilidad de los libros de texto que ha sido criticada por diferentes investigadores incluido el trabajo de Vaquero y Santos (2001) para el caso de los libros de texto españoles.

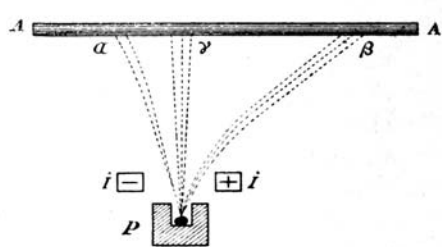


Fig. 23.—Rayos α , β y γ del bromuro de radio.

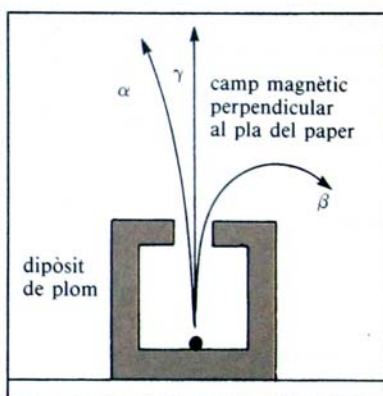
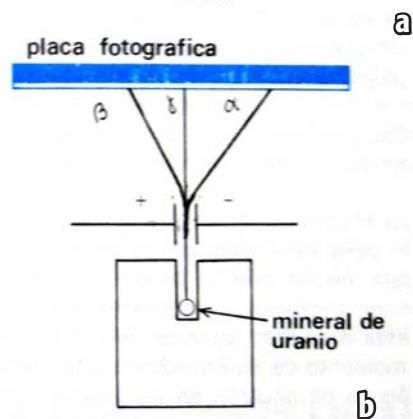
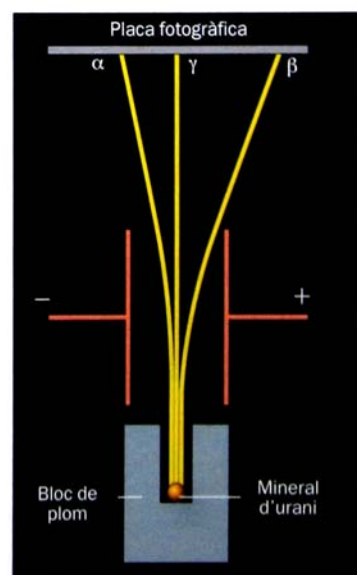


Fig. 8.6 Experiment hipotètic que mostra els tres tipus de radiació.



8. Les desviacions que experimenten les radiacions emeses per un material radioactiu permeten identificar els raigs α com a càrregues positives, els raigs β com a càrregues negatives i els raigs γ com a elèctricament neutres.

Figura 14. Diferentes imágenes de la división de un haz radiactivo en rayos alfa, beta y gamma en los libros de texto. Publicadas en: a. 1924, b.1984, c.1991, d. 2008.

No obstante esta inmutabilidad no se da para el caso de las imágenes de las experiencias con los tubos de rayos catódicos (figura 15), cuya representación visual aparece por primera vez en uno de los libros, publicado en 1978, y que corresponde a la figura 15a. En estas imágenes se aprecia cómo han cambiado ampliamente desde las representaciones esquemáticas duotono hasta los textos diagramados con fotografías. Esto, sumado al hecho de la posibilidad de ver replicas reales de estas experiencias en numerosas páginas web, hace de este experimento uno de los más accesibles para la ciencia escolar; no obstante, es paradójico que, a pesar de todo este despliegue visual, el modelo de Thomson sea el menos importante dentro de los diferentes modelos atómicos, con lo que la imagen del experimento es protagonista mientras que el modelo en sí no lo es tanto, una muestra más de la importancia del discurso empiricista en la ciencia escolar.

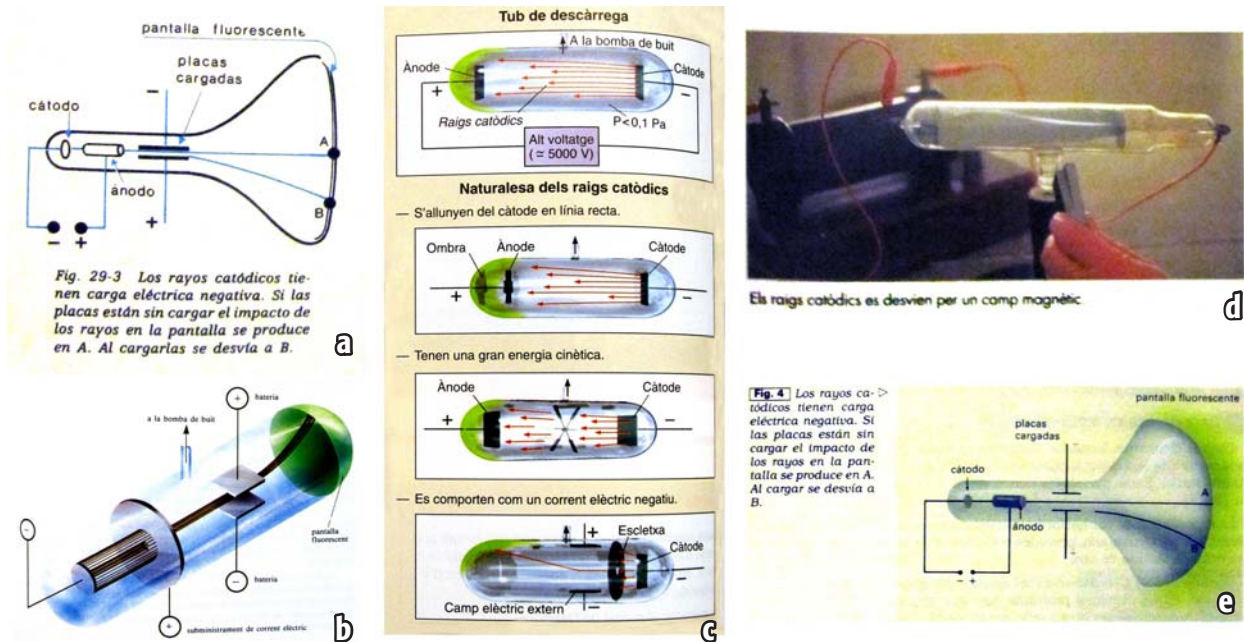


Figura 15. Diferentes imágenes para representar las experiencias con tubos de rayos catódicos que condujeron al descubrimiento del electrón. Publicadas en: a. 1978, b.1991, c.1998, d.1996, e.1994.

El experimento de Rutherford, como se mencionó en el punto 7.1.3. es el único experimento que llega a ser protagonista dentro del relato de los libros de texto, lo cual también es patente a nivel de las imágenes (figura 16). Su primera representación aparece en un libro de texto publicado en 1943 (figura 16a), la imagen aparece para soportar la siguiente narrativa:

“Para explorar el núcleo, se hace pasar un haz de partículas α de un cuerpo radiactivo a través de un espacio saturado de vapor acuoso. Cada partícula se encuentra en su camino un gran número de átomos a los que, separando electrones, convierte en iones, los cuales actúan como centros de condensación de vapor, por lo que se forma una línea de niebla a lo largo de la trayectoria de cada partícula α [cita a la figura].

Si observamos estas trayectorias, veremos que las mayorías son rectas en toda su longitud, pero algunas aparecen dobladas en sus extremos, lo que indica el encuentro de algún obstáculo ... (Libro 17 1943:188)”

con lo que es claro que la intención, antes que detenerse en los detalles técnicos del equipamiento necesario, era mostrar los resultados, narrativa que cambió con el tiempo ya que en los textos donde reaparece después de 1976, las imágenes ya muestran todo el complejo instrumental y siempre el experimento es conducente a soportar el modelo atómico de Rutherford. Así, las imágenes pasan a ser soporte de “algo real”,

de un fenómeno, para ser parte de un modelo, un cambio importante en términos de las metas didácticas de su inclusión en los libros de texto y que se puede apreciar en algunos ejemplos de otra imagen recurrente en los textos analizados: la explicación de los resultados del experimento a través del modelo de la desviación de las partículas alfa que permite inferir la existencia del núcleo atómico (figura 17).

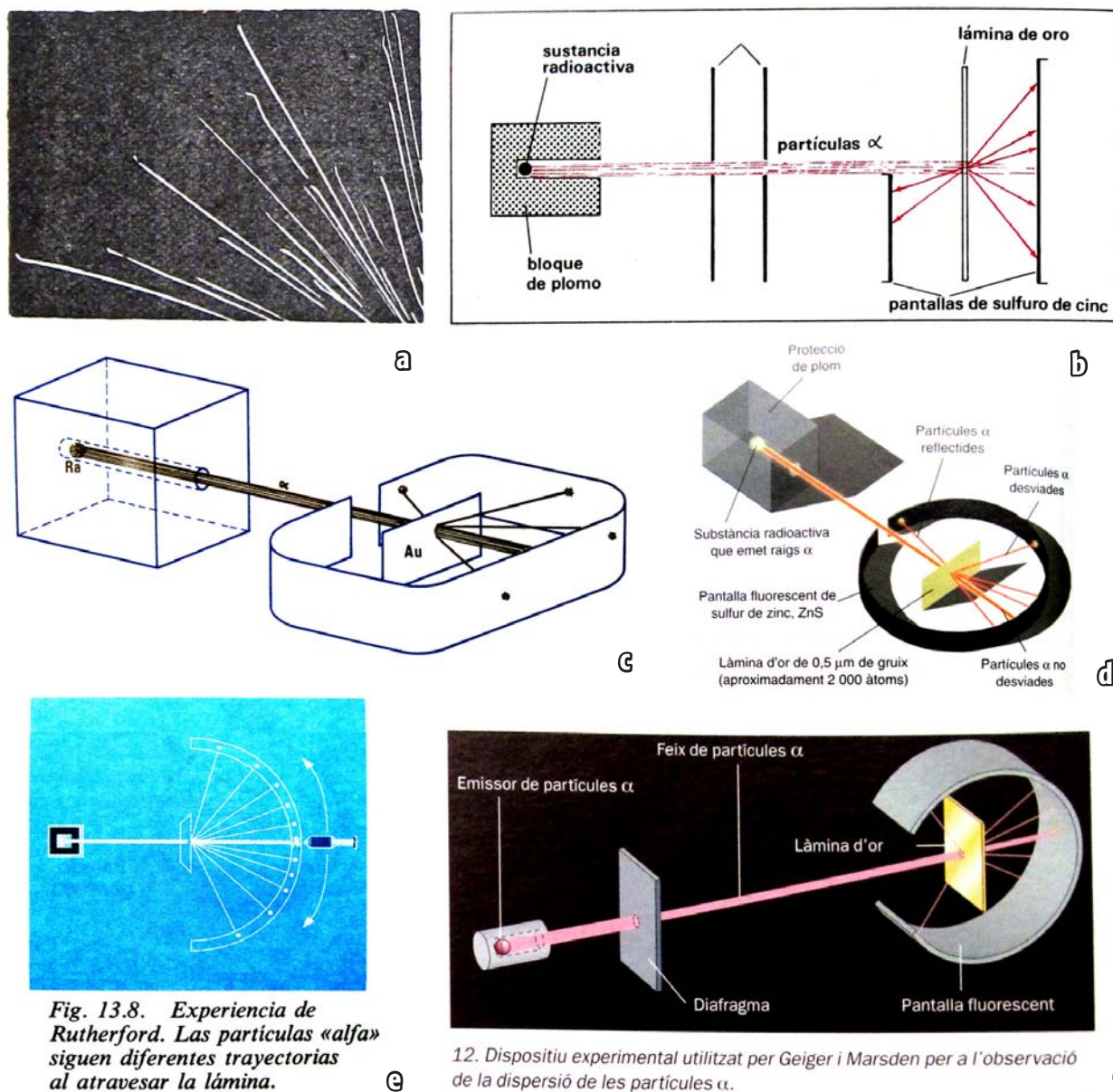


Figura 16. El experimento de Rutherford en los libros de texto. Publicadas en: a. 1943, b. 1984, c. 1976, d. 1998, e. 1991, f. 2008.

Finalmente es importante destacar el tratamiento de las imágenes en la experiencia de descomposición de la radiación radiactiva y del experimento de Rutherford que se da en el libro 60 y que ratifica la importancia de estos dos experimentos en la forma cómo se articula el discurso de la presentación de los modelos atómicos en los libros de texto. En estos dos casos, este libro digital ofrece la oportunidad de acceder a una

animación de los dos experimentos donde toda la narrativa que en prosa describía el experimento, es reemplazada por una simulación que permite verlos de manera "más real" (figura 18). Así, es claro que la intención de la inclusión de estos recursos es aumentar el valor de verdad de los experimentos a través de un incremento en su capacidad de ser enseñados menos abstractamente y que refuerza el hecho del porqué el modelo de Rutherford es uno de los protagonistas más importantes en los libros de texto publicados después de 1976.

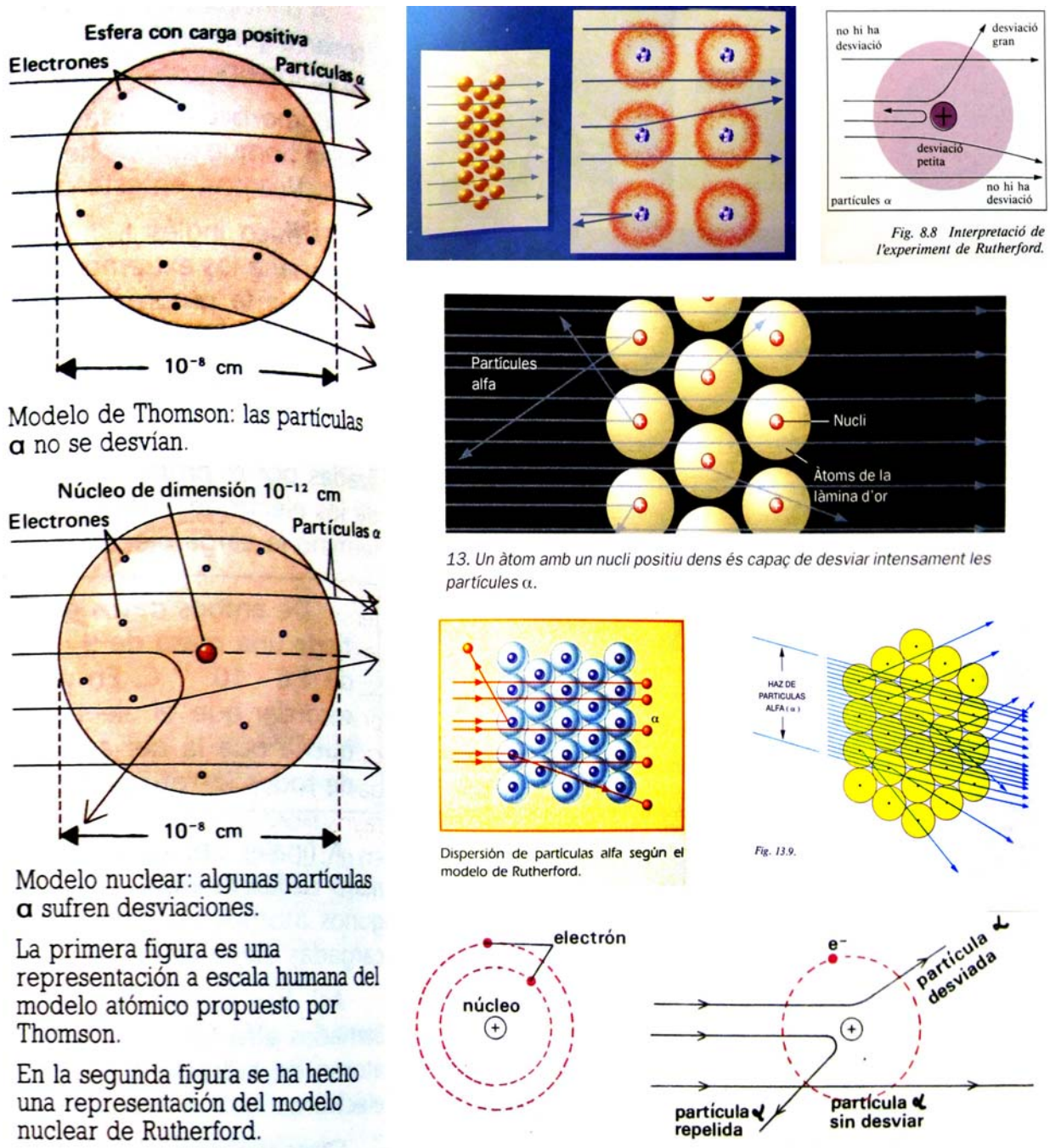


Figura 17. Las explicaciones del experimento de Rutherford en los libros de texto.

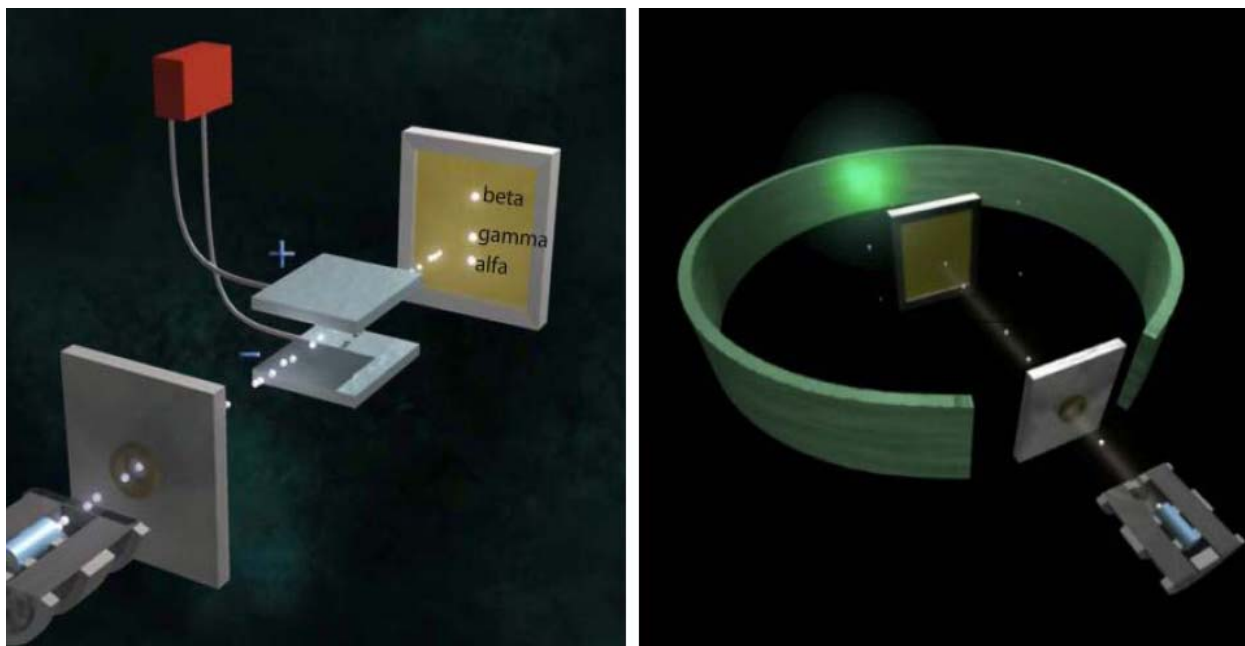


Figura 18. Fotogramas de dos imágenes de las simulaciones de Digital text sobre el experimento de la descomposición de la fuente radiactiva y el experimento de Rutherford.

Estos resultados con respecto a las imágenes del experimento de Rutherford van de la mano con los resultados referentes a las imágenes que en los libros de texto se emplean para acompañar, soportar, explicar o aclarar conceptos de carácter teórico. Así, en la tabla 11 se aprecia cómo en gran parte de los textos publicados después de 1976 al menos una de estas imágenes aparece para presentar las explicaciones del experimento con el que se generó una hipótesis de la estructura nuclear del átomo. Esta explicación aparecía ya en el libro de texto publicado en 1943 que se mencionó anteriormente, pero no así una imagen que la acompañara. Después de 1976 además de la imagen es recurrente la mención a la descripción cargada de asombro de Rutherford acerca de los resultados de la experiencia²⁰. Es claro que todos estos elementos, las

²⁰ La frase original en inglés "...it was quite the most incredible event that has ever happened to me in my life. It was almost as incredible as if you had fired a 15-inch shell at a piece of tissue paper and it came back and hit you..." aparece citada en gran cantidad de trabajos, incluso en libros de física cuántica. No obstante no hay generalmente una referencia bibliográfica directa que permita ubicarla y relacionarla directamente con Rutherford; este es uno de los pocos casos, sino el único, en el que los científicos tienen voz en los libros de texto.

Esto puede estar relacionado con el hecho de que su primera aparición a nivel didáctico fue en el capítulo de Modelos de átomo del Harvard Project Physics (Holton et al. 1970) que, como se mencionó en el capítulo 2, es uno de los trabajos que marca el inicio de la inclusión de la historia de la ciencia más formalmente en el ámbito escolar. Adicionalmente, al revisar este capítulo se aprecia una secuencia de progresión de los modelos desde los griegos, pasando por Dalton, hasta llegar a la tabla periódica en la misma forma en que empezaron a estar estructurados los textos desde 1970, por lo que es posible que el texto del Harvard Project haya marcado el inicio de la presentación progresiva de los modelos.

imágenes que representan el experimento y las que permiten visualizar la explicación de los resultados, algunas analogías que se describen posteriormente y las declaraciones de Rutherford, comprenden un conjunto argumental que constituye la explicación didáctica para el modelo nuclear de átomo.

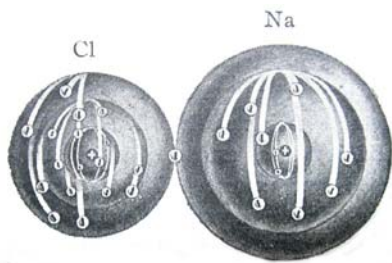
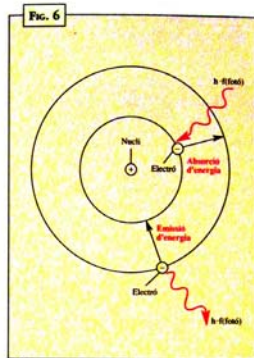


FIG. 243
Molécula heteropolar. Corresponde al ClNa. Un electrón de la zona cortical externa del átomo de sodio, pasa a la capa exterior del átomo de cloro, completando la capa de ocho electrones. Los dos átomos se mantienen unidos por fuerzas de naturaleza electrostática



Energía emesa pels electrons en tornar al seu nivell inicial.

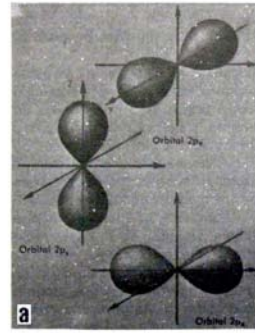


Figura 14.5. (a) Cada uno de los orbitales p; (b) conjunto de los tres orbitales p del segundo nivel energético principal.

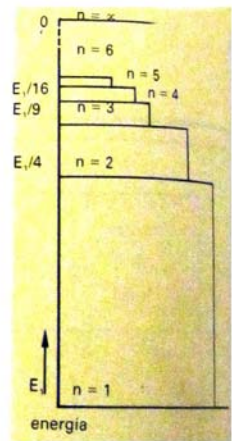
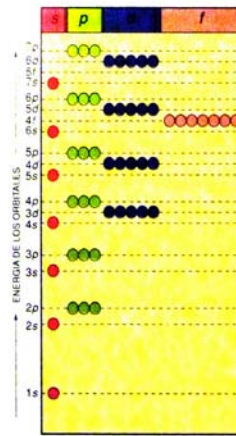
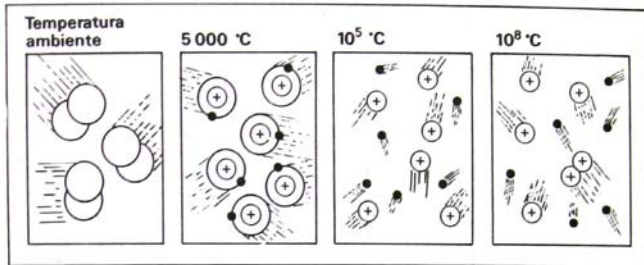
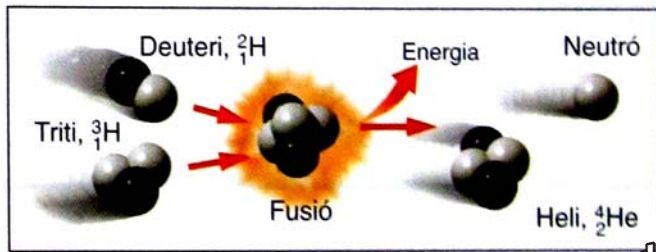
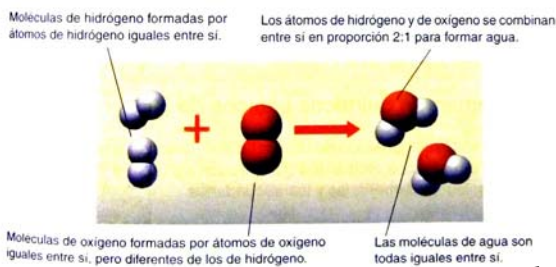


Fig. 13.5. Energía de los orbitales en escala arbitraria para cada nivel cuántico principal. Obsérvese en la tabla periódica del tema siguiente un esquema de ocupación de los electrones.

Fig. 1 Niveles de energía.



Nivel 7:	7s	7p	7d	7f
Nivel 6:	6s	6p	6d	6f
Nivel 5:	5s	5p	5d	5f
Nivel 4:	4s	4p	4d	4f
Nivel 3:	3s	3p	3d	
Nivel 2:	2s	2p		
Nivel 1:	1s			

■ Diagrama de Moeller.

Fig. 14.6. Campo magnético creado por el giro de un electrón.

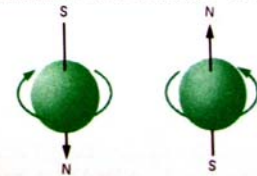


Figura 19. Las imágenes como soporte de explicaciones de conceptos teóricos en los libros de texto publicadas en: a. 1945, b. 1991, c. 1984, d. 1998, e. 1994, f. 1994, g. 1984, h. 2008, i. 2008, j. 1977.

De otro lado al revisar las demás imágenes que soportan aspectos teóricos (figura 19) hay algunos hechos que vale la pena resaltar. El primero de ellos es que antes de 1970 sólo cinco libros de texto hacían uso de este recurso, con lo que es evidente que

las imágenes favorecían la presentación de los aspectos experimentales. La representación de moléculas, que también está cuantificada en la tabla 11, tenía un carácter más descriptivo, mientras que en los textos publicados después de 1978 éstas aparecen con el fin de soportar a nivel microscópico las explicaciones de ciertos fenómenos, leyes, principios, con lo que es claro como desde el recurso visual es posible evidenciar el lazo existente entre los vínculos y este tipo de “no-humanos”, a pesar de que no se exprese en la prosa del texto. Este hecho señala como el modelo metodológico que hemos empleado podría ser aplicado también con un valor potencial para identificar relaciones específicas de interés didáctico, también en el campo gráfico.

Otro hecho importante es que en el conjunto de imágenes, hay un relevante aporte por parte de orbitales, diagramas de niveles energía, esquemas de llenado de la configuración electrónica y demás esquemas que soportan las explicaciones con respecto al modelo cuántico de átomo, el menos intuitivo de todos. También es interesante ver cómo algunos libros de texto, como el 39, 40, 41, 47, 49, 54 y 58, son los que más hacen uso de este recurso. Dentro de este conjunto encontramos algunas particularidades que se pueden resaltar. Los tres libros publicados antes de 1990 (39, 40, 41), así como el libro 54, prácticamente no incluyen imágenes de científicos, con lo que es claro que éstos tienen un amplio interés en utilizar los recursos visuales para favorecer la comprensión de los conceptos. Se podría presumir que son libros inhumanos, sin embargo no cabe considerarlos así ya que en todos los casos tienen un alto porcentaje de este tipo de actores. Por tanto, son libros en los que la intención del recurso visual es aumentar la capacidad de esos conceptos de ser enseñados al ser demasiado abstractos y de difícil comprensión, mientras que las imágenes de los científicos tienen un papel más “socializador” como se observa al comparar el número de imágenes de éstos entre los libros 40 y 49, que como se mostrará en la sección 7.5.2 se diferencian sólo por la inclusión de algunas biografías. Asimismo sucede con los libros 47 y 48, donde las fotografías de los científicos se han incluido para acompañar las reseñas biográficas.

De otro lado, están los libros que utilizan las imágenes para soportar los aspectos teóricos, por ejemplo, los textos 35, 36, 42, 44, 45, 46, 51, 53, 55, 56, 57, 59 y 60 apenas lo utilizan. Estos son libros que en su mayoría se caracterizan por tener un número de imágenes inferior al promedio (después de 1976 este valor es de 20 imágenes), con lo que no hay una explicación diferente al hecho de que el recurso visual es escaso; esto se puede corroborar revisando el número de imágenes en las otras categorías, especialmente la de las imágenes “experimentales” que en la mayoría de los casos son casi idénticas en número a las “teóricas”. No obstante cuatro

libros llaman la atención en este grupo porque son libros con abundante despliegue visual que sin embargo no se emplea con el fin de aumentar la facilidad para enseñar conceptos leyes, teorías etc. Estos son los textos 45, 51, 55 y 60, que priorizan en los dos primeros casos en el uso del recurso visual para presentar diferentes representaciones del átomo, que es el protagonista en términos gráficos (también lo es en las redes como se aprecia en la tabla 6); y en los otros dos casos la atención recae sobre las imágenes de los científicos, representando así dos perfiles diferentes de libros de texto en términos visuales.

Para analizar las imágenes que representan la actividad científica nos centramos en aquellas donde aparecen científicos genéricos trabajando en el laboratorio u otros escenarios (figura 20a). En esta revisión se constató que algunos libros de texto también representan otros aspectos que se pueden vincular a la actividad científica especialmente a la comunicación en ciencia, la experimentación, la formulación de hipótesis, la recopilación de datos, etc. (figura 20b). Las imágenes de esta categoría "actividad científica" comienzan a aparecer en los libros de texto sólo después de 1976, en todos los casos formando parte de los capítulos "qué se entiende por ciencia, aproximación al trabajo científico, método científico, metodología científica, etc." y, como se aprecia en la tabla 11, sólo en 12 de los textos, el 19 % del total y el 43% de los publicados después de 1976. Es importante notar cómo estas imágenes presentan a los científicos trabajando en grupos o de manera individual sin haber un predominio de alguna de las dos tendencias, así como tampoco lo hay en términos de género (al menos en los libros analizados).

Estas imágenes reflejan más que ninguna otra dentro del libro de texto las posturas epistemológicas del autor, como lo muestran algunos ejemplos que se presentan en la figura 21, en los que es posible ver diferentes enfoques desde unos marcadamente empiricistas, algunos que transmiten imágenes idealizadas de la ciencia y otros como el del libro 33 que reflejan la fuerte influencia de la "nueva" filosofía de la ciencia.

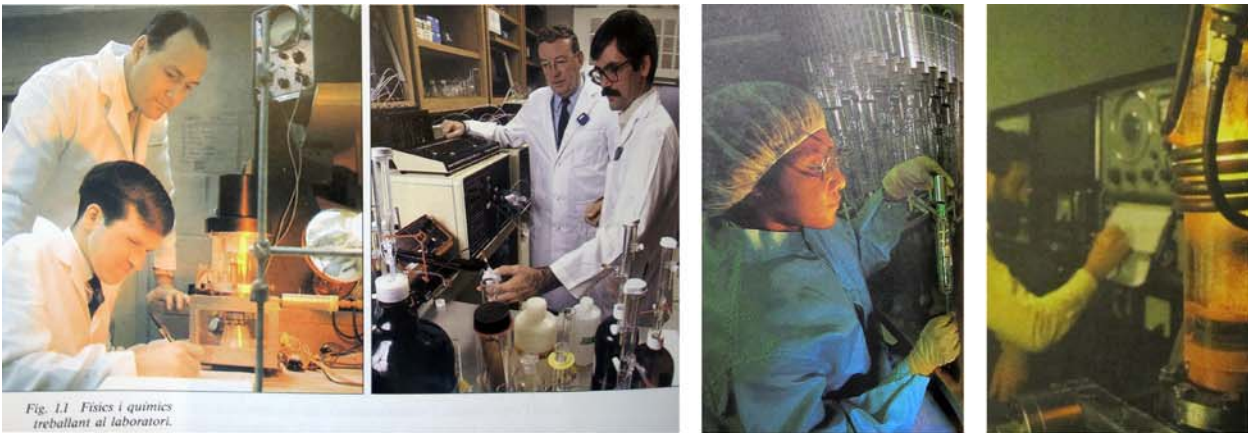


Fig. 1.1 Físics i químics treballant al laboratori.



a

b



1.2 Una de les tasques fonamentals del treball científic: la recopilació i estudi de la informació disponible.

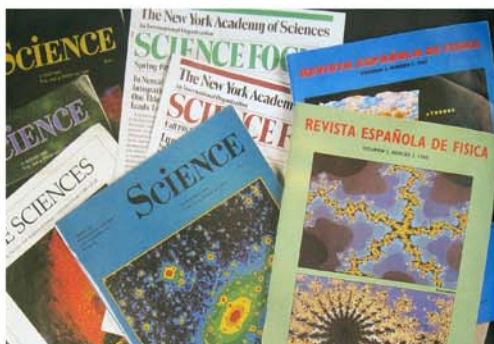


Fig. 2. Les revistes especialitzades són el mitjà de comunicació tradicional entre les científiques.



Figura 20. Les imatges com a suport per mostrar en què consisteix l'activitat científica. a. El treball en el laboratori, b. La comunicació en l'activitat científica.



Figura 21. Algunas imágenes que reflejan las posturas epistemológicas en los libros de texto publicadas en: a. Libro 52 (1995), b. Libro 35 (1976), c. Libro 57 (2002), d. Libro 33 (1976), e. Libro 52 (1995), f. Libro 59 (2008), g y h. Libro 33 (1976).

Para analizar la representación de los científicos hemos seleccionado todas aquellas imágenes que etiquetadas o descritas en el texto se refieren a uno varios científicos denominados por su nombre propiamente (figura 22). Cuando se analizan los resultados de la tabla 11 se aprecia que éstas son prácticamente inexistentes hasta 1971 y que sólo una tercera parte de los libros las incluye. Las imágenes de los científicos presentan una amplia variedad que habla de diferentes maneras de ver quiénes son. Las imágenes comprenden una primera reproducción de un grabado con la imagen de

Lavoisier en un libro publicado en 1924 (figura 22a), pasando por dibujos, imágenes en monedas o estampillas, hasta las fotografías de los científicos que vivieron en el siglo XX. Estas imágenes presentan a estos científicos en primeros planos al estilo de retratos, en planos medios donde aparecen generalmente en el laboratorio (es así por ejemplo para todas las fotografías de Marie y Pierre Curie) y sólo una vez en la pizarra, en su papel de profesores; y en muy pocas ocasiones en planos más abiertos donde es posible apreciar más elementos contextuales, como el caso de una imagen única del libro 48 en la que los protagonistas, Einstein y Bohr, aparecen fuera del ámbito académico, caminando por las calles de Bruselas. Algunas de estas imágenes tienen, como pie de foto, un conjunto de datos biográficos que incluye en el caso mínimo el nombre del científico y las fechas de nacimiento y defunción, y en otras ocasiones información biográfica adicional (por ejemplo, figuras 22 a, d, e y j).

Los científicos más representados son: Dalton (11 veces), Lavoisier, Bohr, Rutherford, Einstein y Demócrito (5 veces), Thomson, Galileo y Avogadro (4), Marie Curie en solitario (3), Boyle y Marie Curie en compañía de Pierre Curie (2), los demás aparecen sólo una vez. En estas cifras llaman la atención dos hechos. El primero, la presencia de Einstein y Galileo, y el segundo, el hecho de que Demócrito esté en el grupo de los segundos más citados, siendo que su primera imagen aparece en el libro 55, publicado en 1998. La presencia de los físicos clásicos, como Galileo, Newton o Copérnico, es constante y evidencia el peso que tiene la física en el discurso "oficial" de la ciencia, legado del positivismo. Estos físicos aparecen en los capítulos en los que se habla de "qué se entiende por ciencia, aproximación al trabajo científico, método científico, metodología científica, etc.", siendo escasa en éstos la presencia de químicos, incluso en un libro de texto aparece para representar a los científicos modernos una imagen de Carl Sagan. De otro lado el protagonismo de Demócrito, que aparece en todos los libros publicados después de 1998 que contienen imágenes de científicos, refleja el afán por construir incluso a nivel visual una narrativa de progreso que muestra cómo el camino hacia la comprensión de la estructura del átomo tiene su origen en un pasado muy lejano, tal como se discutió en el punto 7.2. A partir de ese año, como se aprecia en la gráfica 6, el nivel de empleo del recurso visual para representar a los humanos se incrementa considerablemente, reflejando un cambio importante en este aspecto en los libros de texto.



Fig. 9.—ANTONIO LAVOISIER 1743-1794.— Célebre químic francès, víctima de la Revolució. És el autor del principi de la conservació de la matèria, de la teoria de la respiració i de la combustió. **a**



En el segle XVIII, diversos descobriments científics de gran transcendència van succeir-se amb rapidesa en el camp de la química.

Antoine Lavoisier (1743-1794) és considerat com el fundador de la química moderna. Va utilitzar la balança com a eina principal de treball, la qual cosa li va permetre establir la noció precisa d'element i de compost, i enunciar la llei de la conservació de la massa en les reaccions químiques.

Va explicar les reaccions de combustió, encertant a veure el paper important de l'oxigen en aquests tipus de reaccions.

Va ser Lavoisier qui va contribuir decididament a posar les bases de la nomenclatura química actual.



1. Monedes gregues de deu dragmes amb l'efigie de Demòcrit a la cara i un model atòmic a la creu. Demòcrit d'Abdera va ensenyar que la matèria era discontinua i formada per àtoms, que eren eterns, indivisibles, però que eren diferents de forma segons la matèria que constituïen. **c**



John Dalton (1766-1844), químic, físic i meteoròleg, nascí en una remota aldea del nord de Anglaterra, fill d'un teixer. Viví en Manchester i fou professor del Col·legi Presbiteriano. **d**



4. Amedeo Avogadro (1776-1856) va ser professor de física a la universitat de Torí. La seva teoria atòmicomolecular segueix vigent, però ell no la va arribar a veure reconeguda. **e**



Fig. 13.6. Avogadro (1776-1856). **f**



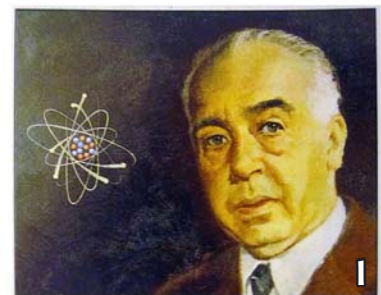
Fig. 3. El eminent astrònom Carl Sagan fou un ardent defensor de l'exploració espacial en busca de vida extraterrestre. Sus atrevidas especulaciones sobre la posibilidad de vida en otros planetas han inspirado muchas de las misiones a Marte. **g**



25. Niels Bohr (1885-1962). Físic danès, ajudant d'Ernest Rutherford a la universitat de Manchester i Premi Nobel de Física de 1922. Va destacar com a científic i per les seves qualitats humanes extraordinàries. **j**



Albert Einstein i Niels Bohr passejant pels carrers de Brussel·les (1933). **k**



Niels Bohr. **l**



Rita Levi-Montalcini, premi de Medicina en 1986. **m**



Barbara McClintock obtingué el de Medicina en 1983 per estudis genètics. **n**



Marie Goeppert Mayer, l'única Nobel de Química a banda de Marie Curie. **o**

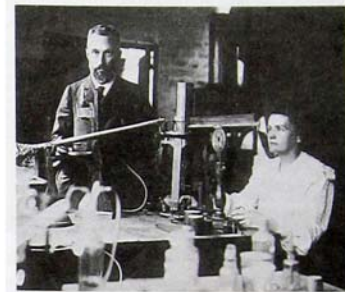
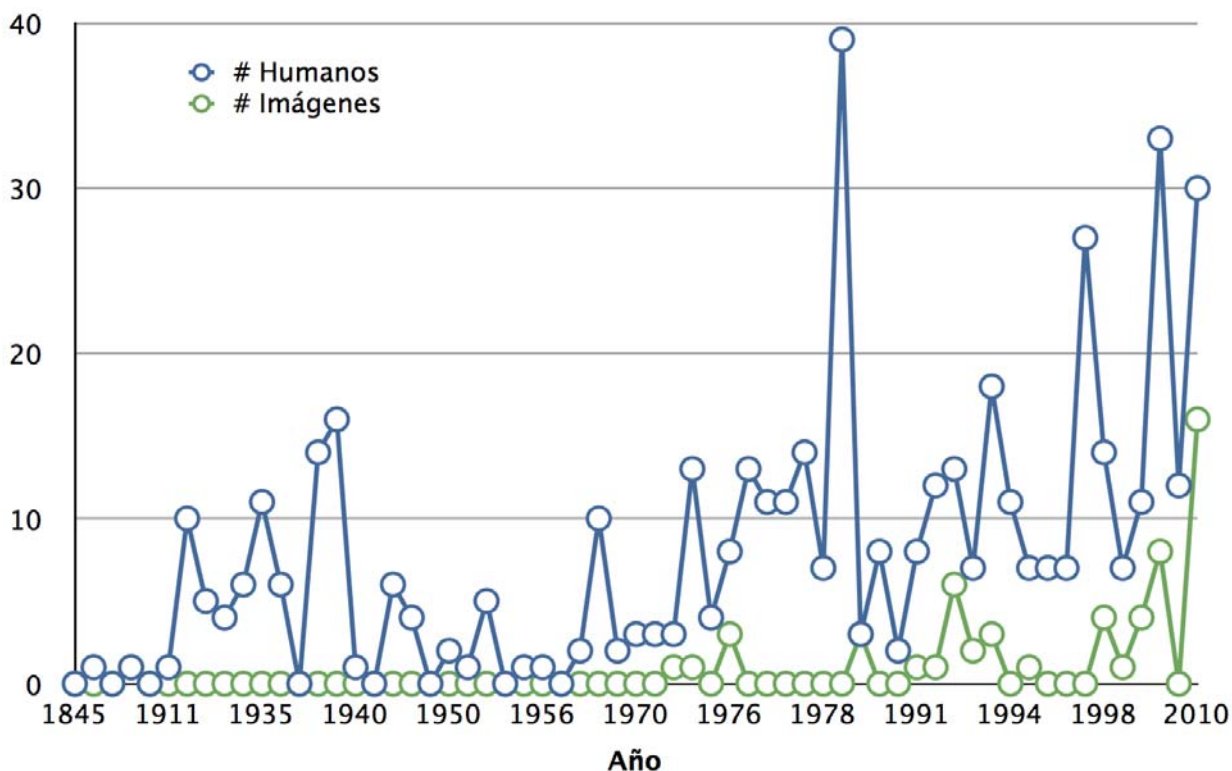


Figura 22. Las imágenes de los científicos en los libros de texto. a. Imagen de Lavoisier publicada en 1924, b. Imagen de Lavoisier publicada en 2008, c. Monedas griegas con imagen de Demócrito, d. Imagen de John Dalton, e y f. Ilustraciones de Avogadro, g. Fotografía de Carl Sagan, h. Ilustración de Niels Bohr, i y j. Fotografías de Niels Bohr, k. Einstein y Bohr caminando por las calles de Bruselas, l. Niels Bohr y su modelo atómico, m. Recuadro con fotografías de algunas científicas importantes del siglo XX, n. Marie y Pierre Curie.



Gráfica 6. Número de humanos y número de imágenes en función del tiempo.

En la gráfica son destacables los resultados del libro 60. Tras no existir limitaciones en los costos de impresión, los libros on-line permiten hacer uso ilimitado de los recursos visuales, por lo que muchas de las imágenes incluso se repiten a fin de tener ilustraciones en cada página (pantalla). Si se analizan las imágenes de este texto (figura 23), se pueden apreciar algunos aspectos adicionales, relacionados con la posibilidad de crear situaciones ficticias que pueden favorecer ciertos tipos de discursos. La figura 23a muestra la ilustración del digital text de Lavoisier trabajando al lado de su esposa Maria-Anne Paulze, basada en el cuadro de Jacques-Louis David. En la ilustración se le ha dado una participación más activa a Maria-Anne lo cual refleja una clara intención de cambiar la representación de las mujeres en la ciencia. Esta posibilidad de re-escribir el pasado a favor de las narrativas y protagonistas que han sido excluidos del discurso “oficial” es también evidente en la figura 23c donde aparecen las imágenes de Abu Musa Jabir Hayyan Al-Azdi y María Prophetissa resaltando la presencia desde la antigüedad de otras culturas y de las mujeres en la construcción del conocimiento científico.

Este aspecto confirma el papel fundamental de las imágenes en el discurso de la ciencia que transmiten los libros de texto, el cual ha estado dominado por la presencia de “unos pocos elegidos” y la ausencia de las minorías, incluidas las mujeres, siendo evidente no sólo el sesgo de género sino también el hecho de que las imágenes soportan los discursos historiográficos “whig” de los que se ha hablado previamente. En el

caso de las mujeres es sabido que la única que aparece es Marie Curie y aquí llama la atención que en muchos de los casos las fotografías la muestran al lado de su esposo. Este discurso sexista de los libros de texto ha sido ampliamente discutido y criticado, por lo que algunas editoriales intentan cambiar estos esquemas como el caso del libro 55 que dedica una página a discutir este tema y acompaña la reflexión con la imagen de las científicas de la figura 22m.



Figura 23. Algunas de las ilustraciones de científicos en el digital text. a. Antoine Lavoisier y su esposa (ilustración y pintura original), b. Marie Curie trabajando en el laboratorio (Fotografía original e ilustración), c. Ilustraciones recreando escenas de personajes científicos de la antigüedad.

Al comparar las dos imágenes de Marie Curie (figura 23) surge la reflexión acerca del papel de este tipo de ilustraciones cuando se tiene la posibilidad de contar con fotos

de los científicos. En este sentido la fotografía aporta una gran cantidad de elementos contextuales que permiten entender no sólo la época sino también las condiciones espacio-experimentales en que los trabajos de Marie Curie fueron realizados; estos elementos se pierden por completo en el dibujo y permiten evidenciar las deficiencias gráficas del digital text en este sentido, en el que es muy monótono y plano y descuida el uso de otras alternativas, por ejemplo el recurso infográfico, que podría permitir establecer relaciones más dirigidas, hacer un mejor manejo de los contenidos y aportar información que la fotografía no ofrece, con el fin de complementarla.

Finalmente es importante resaltar que, a nivel de las imágenes, las conexiones entre los científicos y los demás actores de la red de la actividad científica son prácticamente inexistentes, salvo las mencionadas previamente. En la figura 22c aparece la imagen de una moneda en la que se vincula a Demócrito con el átomo mientras que la figura 22h muestra una relación entre Bohr y su modelo atómico, estos dos ejemplos, más otro en el que Mendeleiev es representado con sus apuntes de organización de los elementos y uno en el que aparece Thomson parado al lado de su modelo atómico (que no presentamos por limitaciones de espacio) constituyen los únicos cuatro ejemplos entre las 689 imágenes analizadas en las que hay un vínculo expreso entre los científicos y los no-humanos, las leyes o las teorías.

Para finalizar esta sección, se analizará a continuación la manera cómo se representan los no-humanos más importantes en el análisis de las redes: los átomos. Como se mencionó anteriormente, éstos aparecen en las imágenes protagonizando las explicaciones de fenómenos, leyes, teorías, etc. en el nivel de representación microscópico (en varias ocasiones junto con moléculas), no obstante hay otros aspectos que deben ser destacados. A diferencia de los científicos, hay un buen número de imágenes de átomos y moléculas antes de 1976 que incluso comprendían la casi totalidad del recurso visual en los libros de texto. Después de 1976, aparecen las representaciones de los modelos atómicos que son imprescindibles, presentándose el caso en el que no aparecen las fotos de los científicos que los propusieron pero sí la imagen del modelo correspondiente (p.ej. los libros 45, 46 y 56). Las primeras representaciones de átomos y moléculas las encontramos en los libros publicados en la década de 1940 (figura 24a) y muestran tres diferentes tendencias, una que explica la formación de las moléculas desde la valencia (con una analogía en la que la valencia se representa por unos "ganchitos" con los que los átomos se enlazan) y la otra desde la formación de los iones de un lado, mientras que otras imágenes se dedican a explicar cómo están formados los átomos (figura 24b) incluidas las explicaciones que incluyen el concepto de capas, ya en un libro de 1954.

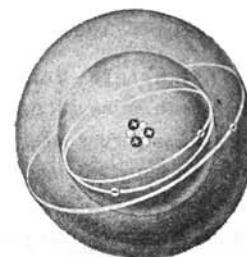
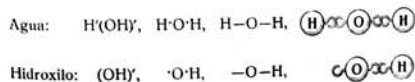
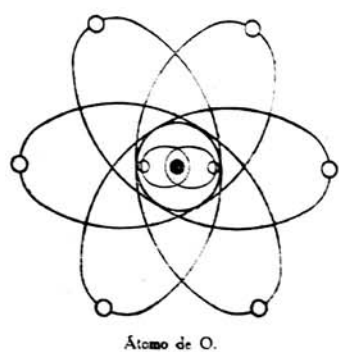


FIG. 241

Atomo de litio

En el núcleo lleva tres protones y tres neutrones y en la zona cortical dos electrones en una capa y otro electrón en otra capa

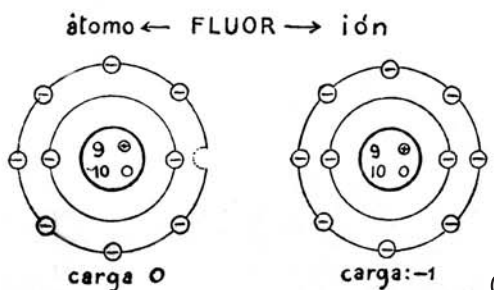


Fig. 4.ª

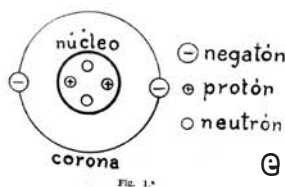
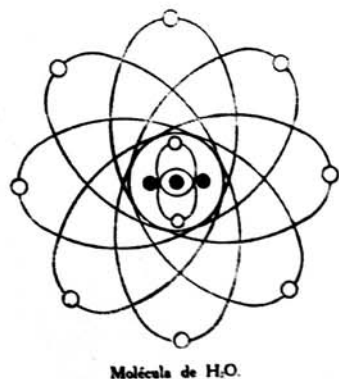


Fig. 1.ª

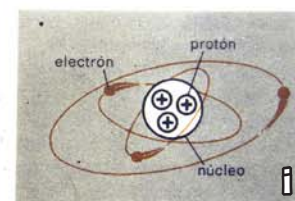
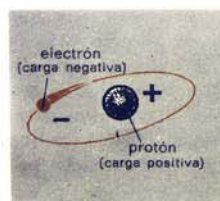
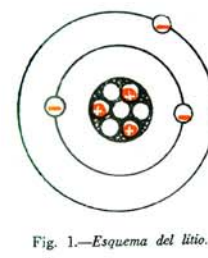
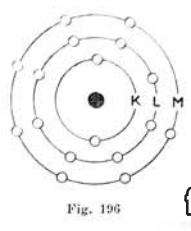


Fig 7 Modelo de la molécula de fósforo.

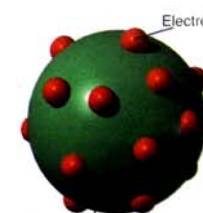
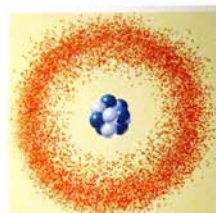
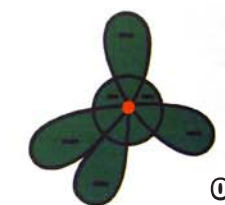
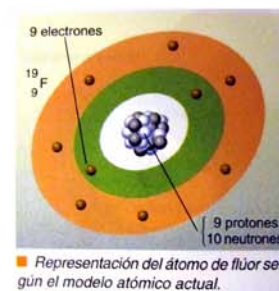
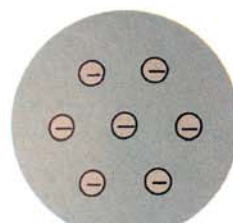
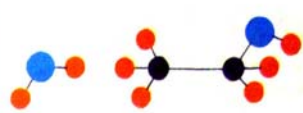
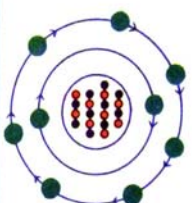


Figura 24. Algunas de las ilustraciones para representar átomos y moléculas en los libros de texto publicadas en: a. 194_, b. 194_, c. 1940, d. 1945, e. 1940, f. 1954, g. 1967, h. 1969, i. 1972, j. 1990, k. 1991, l. 1991, m. 2008, n. 1995, o. 1976, p. 1996, q. 1998.

Los modelos atomicos

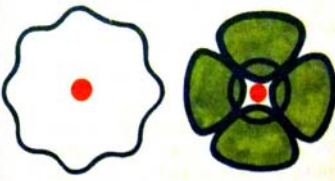


Los científicos han construido modelos de átomos para aclarar lo que ocurre en ese reducido espacio. Dalton dio un modelo de bolas macizas. Hoy utilizamos bolas de plástico o plastilina para aclarar ciertos aspectos y construir modelos de moléculas.



Rutherford ideó un modelo de sistema planetario. El núcleo atrae a los electrones, que giran a su alrededor como planetas. Bohr fijó los caminos de los electrones.

Estos modelos los empleamos en algunos esquemas

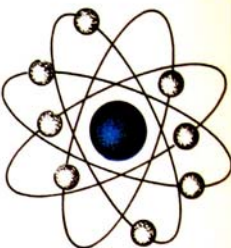


Posteriormente, los científicos han realizado modelos en los que se representa al electrón como una onda que da vueltas alrededor del núcleo, o como una nube de carga negativa situada sobre ciertas zonas, según el electrón de que se trate


a



Modelo atómico de Thomson.




Modelo atómico de Bohr-Sommerfeld.

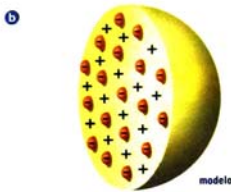


Modelo atómico de Schrödinger.

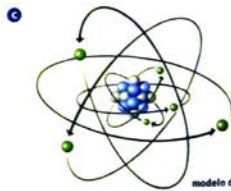
b



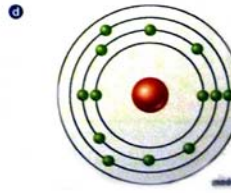
modelo de Dalton



modelo de Thomson



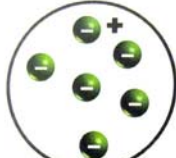
modelo de Rutherford



modelo de Bohr

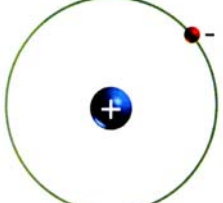
c

Fig. 7. El avance de la ciencia y los nuevos descubrimientos permitieron la evolución de un modelo de átomo indivisible a un modelo de átomo como conjunto de partículas con una estructura determinada



$+ = 6^+$
 $6^+ + 6^- = \text{átomo neutro}$



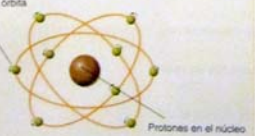
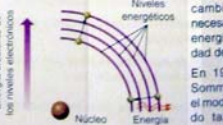
Fig. 6 Modelo de Thomson.



proton p^+
electrón e^-

Fig. 7 Átomo de hidrógeno, modelo de Rutherford.

d

Modelo atómico de Dalton	Modelo atómico de Thomson
<p>En 1808 Dalton enunció su teoría atómica. Dalton imaginaba los átomos como esferas macizas indivisibles.</p>  <p>El modelo de Dalton no dice nada sobre la constitución interna del átomo porque en su época todavía no se habían descubierto las partículas que lo constituyen.</p>	<p>En 1897 el físico británico Joseph J. Thomson (1856-1940) demostró que en el interior de los átomos hay unas partículas diminutas, con carga eléctrica negativa a las que denominó electrones. Como la materia es eléctricamente neutra, Thomson consideró que el átomo debía de ser una esfera maciza de materia cargada positivamente, en cuyo interior estaban incrustados los electrones. Se trata de un modelo estático y no nuclear en el que los átomos pueden perder electrones, con lo que justificaba fenómenos como la electrización.</p>  <p>Electrón Materia cargada positivamente</p>
Modelo atómico de Rutherford	Modelo atómico de Bohr
<p>En 1911 el físico neozelandés Ernest Rutherford (1871-1937) demostró que los átomos no son macizos, sino que están vacíos en su mayor parte. En su experiencia Rutherford dedujo que en el centro del átomo hay un diminuto corpúsculo, al que llamó núcleo, en el que se encuentran las partículas de carga positiva, los protones. Además, Rutherford ya intuyó la presencia de neutrones en el núcleo.</p>  <p>Electrones en órbita Protones en el núcleo</p> <p>El modelo presenta un átomo dinámico y nuclear, en el que los electrones, en igual número que los protones, giran alrededor del núcleo en órbitas circulares.</p>	<p>A partir de los descubrimientos sobre la naturaleza de la luz y la energía, en 1913 el físico danés Niels Bohr (1885-1962) propuso un nuevo modelo atómico. Para Bohr los electrones giran en torno al núcleo en órbitas circulares de radios definidos. No todas las órbitas son posibles: existen órbitas permitidas y otras prohibidas. En cada una de estas órbitas sólo puede haber un número dado de electrones, con una energía determinada en cada caso. Para que un electrón cambie de órbita, es necesario modificar su energía en una cantidad determinada. En 1915 el alemán Sommerfeld modificó el modelo introduciendo también órbitas elípticas. En este modelo, precursor del actual, los electrones sólo ocupan órbitas con valores determinados de energía. Se dice que la energía está cuantizada.</p>  <p>Energía creciente de los niveles electrónicos Niveles energéticos Energía Núcleo</p>

e

Figura 25. Presentación de la sucesión de modelos atómicos en los libros de texto publicados en: a. 1976, b. 1976, c. 2002, d. 1995, e. 2008.

La figura 24c (publicada en 1970) es un estado de transición, un "precursor" de las imágenes en las que los átomos y las moléculas aparecen representados por modelos de "bolas y palos" ("balls and sticks"). Después de 1972 este tipo de representaciones

son comunes en los libros, además de que se indica en la mayoría de casos que lo que aparece no son átomos sino representaciones de los mismos; después de 1976 siempre se aclara que son modelos de los átomos. Como se mencionó, es en este año que empiezan a aparecer las referencias a los diferentes tipos de modelos atómicos e incluso en algunos casos aparecen recuadros especiales donde a manera de síntesis son presentados (figura 25). Este tipo de organización de la información es un claro ejemplo de la narrativa de progreso de la que se habló en el punto 7.2. De otro lado, es importante resaltar que en algunos casos los modelos de Thomson y Bohr son representados mediante analogías que aparecen ilustradas visualmente en el libro de texto (figura 26).

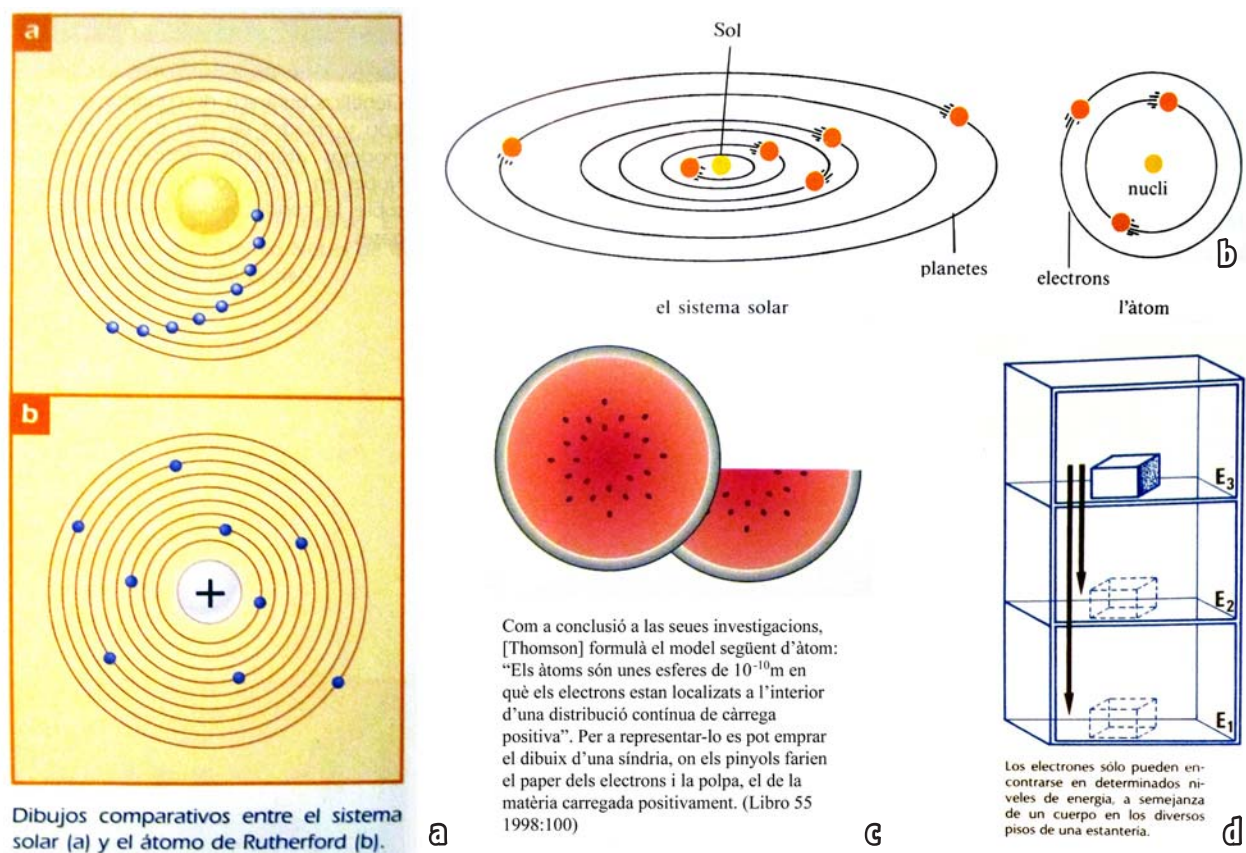


Figura 26. Algunas analogías para ilustrar los modelos atómicos en los libros de texto. a y b. analogías planetarias, c. modelo de Thomson como sandía, d. niveles de energía como estantes.

Para finalizar, se concretan los resultados más importantes presentados en este capítulo. El análisis de redes aportó aspectos interesantes que dan cuenta de cómo circula la ciencia en los libros de texto. Llama la atención el hecho de la ausencia de nodos en la categorías de financiación y representación pública, así como el poco reconocimiento de elementos fundamentales en la práctica científica como los laboratorios, instrumentos o equipamientos. Asimismo, se identificó que los nodos más importantes en

la ciencia que circula en los libros de texto son los vínculos y los no-humanos y cómo éstos pueden ser prácticamente independientes de los humanos ante el importante papel que juegan las disciplinas y las leyes, teorías, principios, etc. a la hora de ponerlos en escena en la ciencia que se presenta en el texto.

También, el análisis de las redes mostró cómo la distribución de los nodos cambia en función del tiempo y la manera cómo se evidenciaron, a partir de varios aspectos, dos momentos claves en la historia de los libros de texto analizados, en los primeros años de las décadas de 1970 y 1990. Uno de los más relevantes, la presencia de redes más conectadas después de 1971, a pesar de que el porcentaje promedio de “pendant edges” es cercano al 40%.

Con respecto al papel que desempeñan los humanos dentro de las redes, se encontró que los libros pasan por diferentes etapas: una, sin humanos; otra, en la que los libros se humanizan; y una última en la que los humanos se colectivizan. No obstante la proporción de relaciones de estos actores, entre ellos y con el resto de las redes, sigue siendo muy baja y hace que los humanos no adquieran roles protagónicos y se mantengan en la periferia. Lo anterior está relacionado con el hecho de que los grandes protagonistas sean el átomo y electrón, quienes pasaron a compartir protagonismo en los últimos años con los modelos atómicos, hecho que va de la mano con cambios en la forma de entender la química, desde una disciplina fenomenológica, hasta una construida.

Del análisis de los aspectos adicionales referentes a la naturaleza de la ciencia vale la pena resaltar cómo los tópicos que más interesan a los autores de los libros de texto son la práctica científica y el carácter tentativo de la ciencia, mientras que los menos tratados son el papel de la historia y las controversias. Asimismo, es claro que después de 1976 ha habido un mayor interés por la inclusión de los diferentes tópicos analizados en esta parte del trabajo.

De los resultados de este análisis es relevante cómo las leyes, teorías, etc. según sus descriptores, son elementos muy dinámicos, ligados fuertemente a la experiencia. También son agentes altamente dinamizadores los modelos atómicos, tras cuya inclusión en los libros de texto se empezó a hablar de qué son y para qué sirven los modelos en ciencia. No obstante, todos esos visos de dinamismo se diluyen ante la persistencia de una mirada positivista que basada en la fuerza que adquiere el método científico en los textos publicados después de 1976 posiciona a la observación y la experimentación como fundamento de una verdadera ciencia que conduce hacia un progreso científico

idealizado, soportado implícitamente en un relato historiográfico “whig”. Para contrarrestar la idea de una observación objetiva juegan un papel relevante los instrumentos cuya aparición está fuertemente ligada también a la discusión acerca de la verdad/realidad en ciencia.

El análisis del papel de los científicos muestra que éste se describe en términos de actividades cognitivas que priman por sobre las experimentales. Los humanos están deslocalizados espacio-temporalmente, despersonalizados, descontextualizados y cuando se hace referencia a actividades de su vida personal es el premio Nobel el elegido para resaltar nuevamente la idea de triunfo y progreso. La presencia de humanos está acompañada de recursos que mitifican la vida de los científicos, siendo una constante el incremento de este tipo de elementos discursivos en la medida en que hay proliferación de humanos en el libro de texto.

Esta mitificación no se restringe sólo a los humanos sino que se extiende a los experimentos y los descubrimientos, en un relato en el que la ciencia se basa en eventos puntuales que no dejan ver la ciencia como proceso y que delegan todo su carácter dinámico sólo en la idea de progreso. Así, en los libros de texto coexisten una ciencia normativa basada en un método idealizado, una práctica científica cambiante y dinámica, y una historia de una ciencia del pasado que refleja un panorama individualista, desconectado, descontextualizado. Cada uno de estos escenarios tiene su lugar dentro del libro de texto y no se entrecruzan; el cuerpo del texto lo siguen teniendo los contenidos con los vínculos como protagonistas.

El análisis de lo histórico, entendido como los eventos del pasado, reflejó que después de 1972 hay un mayor interés por el pasado histórico de la ciencia, siendo esta información más diversa desde 1976. Los científicos, los no humanos, los descubrimientos y el premio Nobel son los protagonistas en ese relato fechado del pasado de la ciencia. Los eventos que describen episodios relacionados con ciencia de carácter teórico, por ejemplo enunciado de leyes o proposición de un modelo, predominan sobre los de carácter experimental o los que relatan aspectos de la vida personal y académica de los científicos.

Algunos de estos resultados fueron soportados por el análisis de las imágenes, el predominio de narrativas que favorecen posturas inductivo/empiricistas, la prevalencia de ciertas “historias oficiales”, la necesidad de construir el relato del libro de texto de tal forma que la idea de progreso científico sea evidente y las marcadas diferencias entre los libros de texto publicados antes y después de la década de los 1970. En el caso

de las imágenes contenidas en los libros de texto es también patente el desinterés por ciertos actores de la ciencia, como los instrumentos, los laboratorios o los equipamientos que aparecen poco y que cuando se presentan aparecen desconectados, descontextualizados, obsoletos y lejanos de la ciencia “real”.

De otro lado, en los libros de texto predominan las imágenes que sirven como soporte para la ciencia como actividad experimental y dentro de esta tendencia es interesante el peso que se da a los experimentos que están asociados a los modelos atómicos de Thomson y Rutherford, aunque la importancia que se da a los dos sea bien distinta, ya que el modelo de Rutherford es una de las “estrellas” en el relato de los libros de texto, al contrario que el de Thomson, con lo que los modelos se convierten en los vínculos más importantes en términos de la representación visual, llegando a ser en algunos casos más “valiosos” que los científicos que los propusieron.

Las imágenes reflejan un interés reciente por la actividad científica, especialmente en los capítulos introductorios, y es destacable el hecho de que en éstos la imagen de la ciencia esté atribuida a la física, en una postura ampliamente positivista. De otro lado, es importante el hecho de que algunas imágenes busquen marcar una separación de estas tendencias y se aprecie en este sentido una influencia de las “nuevas” filosofía e historia de la ciencia, que se refleja en la relevancia que se da a aspectos de la actividad científica como la comunicación, las relaciones entre científicos, etc. Esta influencia se nota también en ciertos cambios que se han ido dando en la representación de los humanos, dominada hasta hace poco por una amplia descontextualización de las imágenes, la predominancia de los “científicos oficiales” y un evidente sesgo de género, y se nota que en los últimos años hay una intención de presentar a aquellos que fueron relegados en la construcción del relato científico escolar. En este aspecto juega un papel importante la inclusión de imágenes “recreadas” que reemplazando a las oficiales puedan reflejar valores más acordes con las nuevas formas de entender la empresa científica. Finalmente, las imágenes que representan a los no-humanos muestran cómo átomos y moléculas son los estelares, sirviendo como soporte de las explicaciones de fenómenos, leyes, teorías etc.

7.5. CUATRO CASOS PARTICULARES EN EL ANÁLISIS DE LOS LIBROS DE TEXTO

En esta sección se presentan en detalle cuatro casos que pueden complementar alguna de las discusiones que se han desarrollado hasta el momento en este capítulo.

lo. Inicialmente la influencia del estatus disciplinar de la física en la manera cómo se presentan los contenidos históricos en los libros de texto. Posteriormente el papel que desempeñan las biografías en la manera cómo se socializan los diferentes actores en el relato de la actividad científica en los libros de texto. A continuación, la manera cómo se presenta la actividad científica en los libros de texto cuyos autores explicitan su interés por la historia de la ciencia. Finalmente, los cambios y características del digital text.

7.5.1. Los tratados elementales de física y química de Victoriano Ascarza (libros 13A y 13B)

La razón por la que estos dos libros ejemplifican un momento especial de la manera cómo se entiende la ciencia puede ser evidenciada de primera mano cuando el autor anota en el *Tratado elemental de Química* que las modernas teorías de la materia, lo que denomina los nuevos dominios de la física, se estudiarán en su *Tratado elemental de Física*. Esto refleja un momento en el que la física se atribuye la propiedad del estudio de composición de la materia generándose el problema que los filósofos de la química denominan reduccionismo, la condición por la cual todas las explicaciones de los fenómenos químicos se explican desde la física cuántica (Christie y Christie 2000, Scerri 2000, van Brakel 2000, Vemulapalli 2006, Woody y Glymour 2000).

En el apéndice titulado la materia, el autor presenta una detallada discusión histórica de la manera cómo el hombre desde tiempos remotos se ha preocupado por la composición de la materia. El recorrido histórico parte de los trabajos de Tales de Mileto y Demócrito, pasa por Proust y Dalton y desemboca en “el átomo de Rutherford” consecuencia directa de las investigaciones de los Curie, siendo el primer ejemplo en los libros analizados de esta progresión de la que se habló anteriormente que intenta reconstruir una ruta para llegar hasta los avances recientes (en el momento) de la física. En ese recorrido se mencionan también los recientes trabajos de Planck, Einstein, Schrödinger y Heisenberg.

La estructura en el relato de cómo se avanza hacia el conocimiento de la materia de este libro de física, es la que posteriormente adoptarían, a finales de la década de los setenta, los libros de química como esquema argumentativo para llegar a los diferentes modelos atómicos.

Adicionalmente la presentación de estos científicos y sus trabajos, en esta progresión está matizada por comentarios de carácter epistemológico acerca del estatus de la verdad/realidad del átomo o la tentatividad del conocimiento científico mostrando

cómo “esos temas” acerca de la naturaleza de la ciencia estuvieron ligados desde las primeras décadas del siglo veinte al estudio de la física pero no al de la química. Las consecuencias directas de esta restricción obviamente se ven reflejadas en los contenidos y más específicamente para el caso de la análisis de esta tesis, en la manera cómo se socializan los diferentes actores del relato científico.

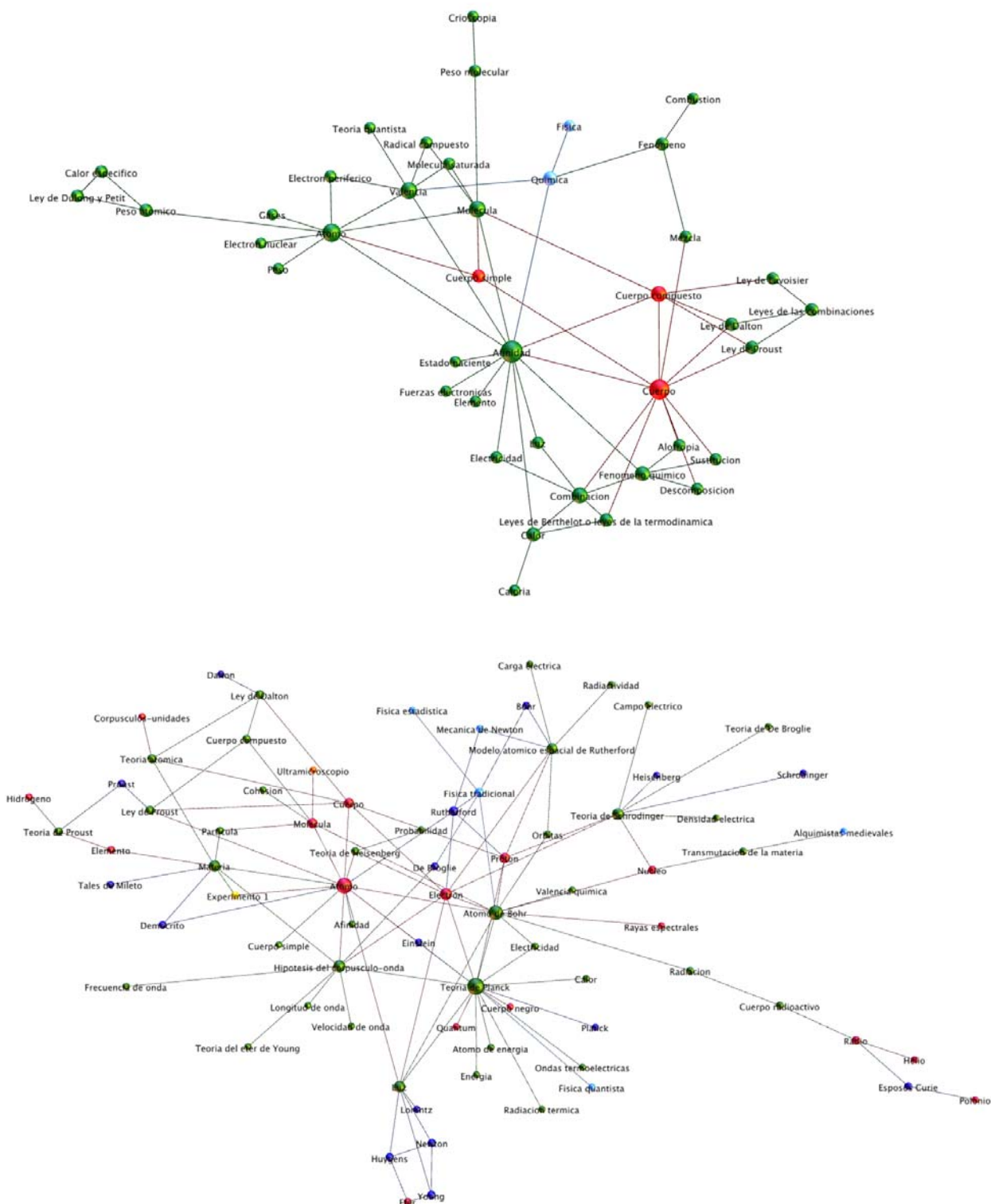


Figura 27. Redes de los tratados elementales de química y física de Victoriano Ascarza.

Si se comparan las redes de los dos tratados (figura 27) es evidente la mayor complejidad del texto de física comparado con el de química. En este último hay una mayor diversidad de actores con una absoluta mayoría de vínculos y la ausencia total de humanos (libro inhumano) mientras que en el tratado de física hay presencia de científicos, conexiones entre ellos, mención a instrumentos y experimentos, algo poco común en la muestra analizada en los textos anteriores a 1970. La comparación de estas dos redes refleja cómo la introducción de la narrativa histórica que acompaña la evolución de las ideas acerca de la estructura de la materia en el tratado de física permite a nivel didáctico transmitir un estilo de ciencia que es totalmente diferente al de la ciencia del tratado de química, claro ejemplo de una narrativa basada sólo en los conceptos.

La comparación de estos dos textos muestra aspectos que fueron mencionados y discutidos ampliamente en el marco teórico: la importancia de la inclusión de los aspectos históricos como medio para socializar y conectar diferentes actores en el libro de texto y la influencia del estilo historiográfico escogido en la imagen de ciencia que se transmite, en este caso, una que se basa en la idea de progreso.

7.5.2. El papel de las biografías en los libros de texto (Libros 11, 40 y 49)

Los libros 40 y 49 fueron escritos por los mismos dos autores (Lasheras, Alejandro L. y Carretero, María Pilar), corresponden al mismo nivel de escolaridad (2o. curso de BUP) pero fueron publicados en años diferentes. Los contenidos de los dos textos son exactamente iguales con una única diferencia: la edición publicada en 1994 incluye unas cajas al margen con las biografías de Niels Bohr, Ernst Rutherford y John Dalton (figura 28). El simple hecho de la inclusión de estos elementos cambia por completo el panorama de las redes que representan la forma cómo circula la ciencia en estos dos libros (figura 29).

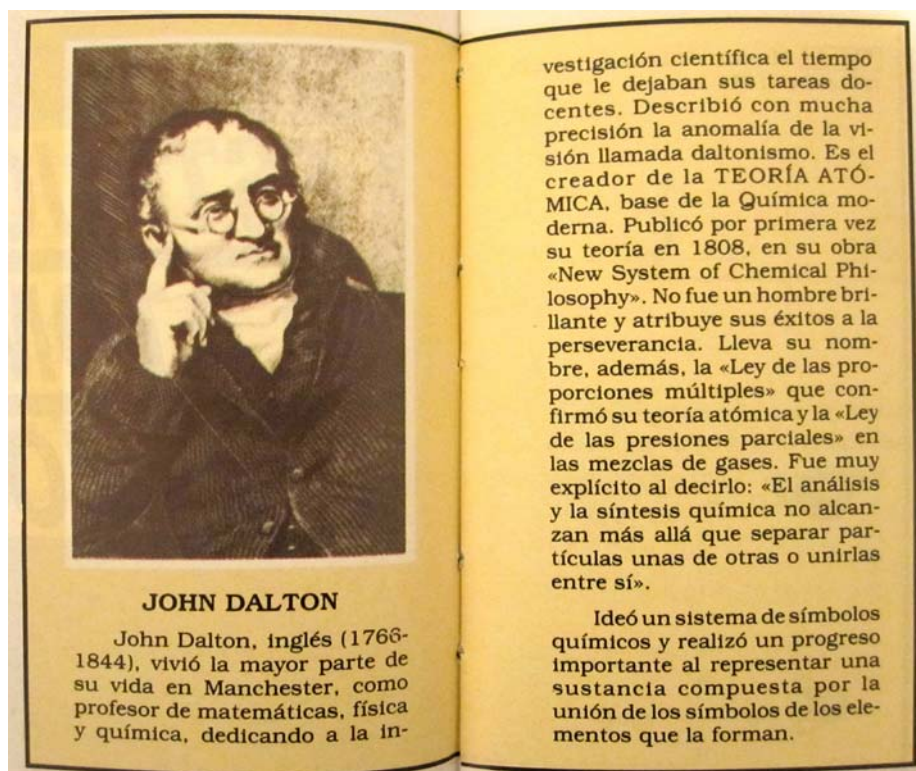


Figura 28. Ejemplo de una biografía en el libro 49.

La comparación de la dos redes muestra que la red del libro 49 es más compleja que la del libro 40. Alrededor de los tres nodos asociados con los personajes de las biografías introducidas, se generan no sólo nuevas conexiones, sino que la red se enmaraña con otros actores que ya estaban en la red. Es evidente cómo las biografías aportan nuevas conexiones ya que traen a escena nuevos actores: científicos, instituciones y lugares, que permiten contextualizar y localizar la actividad científica.

El libro *Ciencias Físico-Químicas* de A. Mingarro (libro 11), publicado en 1935 bajo los cuestionarios oficiales de 1934, es un referente importante para hablar acerca de las biografías en esta tesis. En este texto se incluyen biografías a manera de epílogo en la gran mayoría de los capítulos (un ejemplo se presenta en la figura 30). Esta característica del libro se ve reflejada en la alta complejidad de la red (figura 31) que representa la circulación de la ciencia, especialmente si se le compara con los libros anteriores a 1970. En este libro se aporta gran cantidad información adicional acerca de las trayectorias y vínculos institucionales de los científicos que hacen que la red crezca radialmente alrededor de sus nodos. No obstante en muchos casos estos nuevos nodos no se conectan con el resto de la red, con lo que la red crece máximo un grado (una conexión). Estos dos ejemplos muestran los elementos que aporta este recurso literario y abre las puertas a entender las biografías como ejes potenciales de un relato científico diferente en los libros de texto.

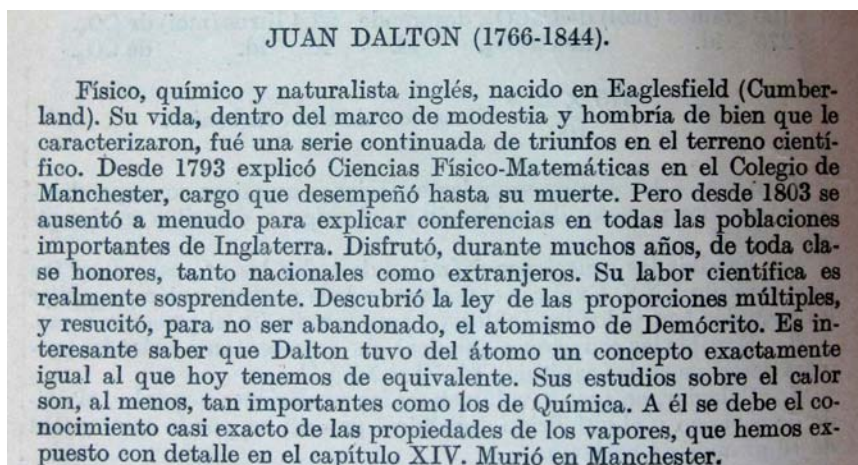


Figura 30. Ejemplo de una biografía en el libro 11.

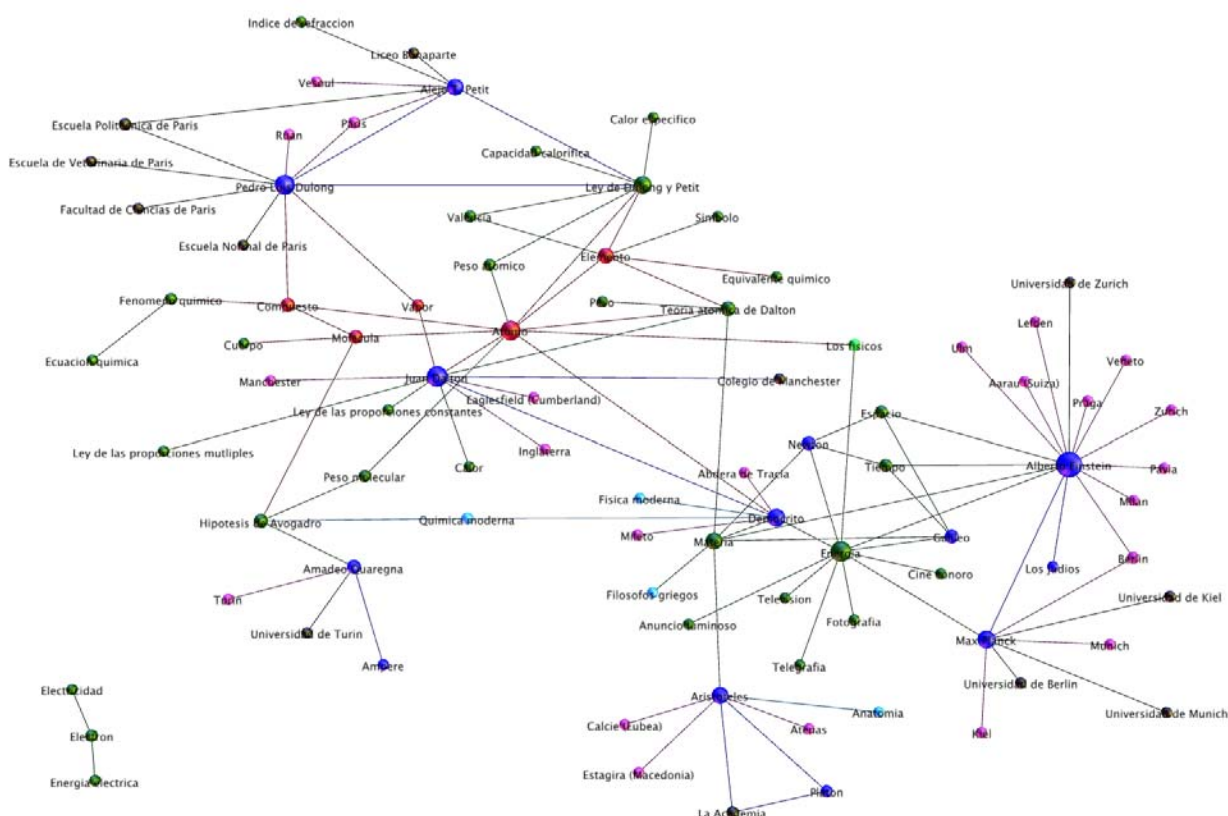


Figura 31. Red de la circulación de la ciencia en el libro *Ciencias Físico-Químicas* de A. Mingarro (1935).

La forma como están escritas las biografías en los libros de texto 11 y 49, con frases cortas, comentarios idealizados que describen al científico, gran número de datos sobre sitios y fechas, es un claro ejemplo de un aspecto que ha sido ampliamente discutido y criticado en la enseñanza de las ciencias (Jaffe 1938, Izquierdo 1996, Kipnis 1996), cómo las biografías pueden limitarse a introducir sólo grandes cantidades de información referente a fechas y lugares pero no aportan elementos que reflejen la contextualización social e histórica de la actividad científica (Söderqvist 2007a).

Sin embargo, el análisis de las redes permite evidenciar cómo la inclusión de las biografías tiene un amplio valor potencial para introducir en los libros de texto elementos discursivos que aportan contextualización y conexiones que reflejen aspectos acerca de la ciencia que se han mantenido al margen de la ciencia escolar y que permiten entender la ciencia como una actividad más compleja, a la par que permiten traer a los científicos desde las posiciones periféricas de las que se ha hablado previamente a posiciones más centrales dentro de las redes, es decir resaltar la importancia de los científicos dentro de un relato de ciencia dominado por los vínculos.

El punto, no obstante, sigue siendo que el tipo de biografías que se incluya en los libros de texto debe ser cuidadosamente diseñado para la enseñanza escolar de las ciencias con el fin de enfatizar la importancia de la actividad científica y de la naturaleza científica. Para esto es necesario revisar la historia del género biográfico a fin de entender su estrecha relación con la divulgación y enseñanza de la ciencia, así como su conexión con la historiografía de la ciencia, de la que se distanció cuando ésta se consolidó (s. XIX - XX) y se enfocó en la historia de las disciplinas y de las ideas dejando de lado la historia de las vidas de los científicos, de las que se debía ocupar el género biográfico (Söderqvist 2007a).

Además de ser un elemento constitutivo de la cultura científica, con una amplia utilidad para contextualizar, social, cultural y políticamente la historia de la ciencia, las biografías en algún momento de su historia se escribieron con fines pedagógicos para mostrar lo excitante que puede ser la ciencia y el lado humano de unos hombres que empezaban a ser cuestionados ante la posibilidad de que la ciencia se viera vinculada con la guerra. No obstante, luego fueron perdiendo importancia no sólo para la historia de la ciencia sino también para la educación científica, lo cual se refleja claramente en la muestra analizada en esta tesis, al ser relacionadas con un carácter más "literario" y "anecdótico" que iba en contravía de la rigidez del discurso científico positivista (Söderqvist 2007b).

Adicionalmente, la biografía se fue convirtiendo en un elemento poco deseado desde la mirada de la historia de la ciencia, dado que como género literario refleja los valores del autor y del tiempo en el que es escrita, da relevancia a ciertos aspectos obedeciendo a ciertos intereses de acuerdo a lo que se espera transmitir a los lectores, y deja de lado otros premeditadamente (Kragh 2007). Además, su función programática propicia la repetición demagógica y miope de representaciones estereotipadas, transmite la narrativa de una historia heroica del siglo XIX, deshumanizada y sólo encarnada por unos genios elegidos (Lindskov 2007).

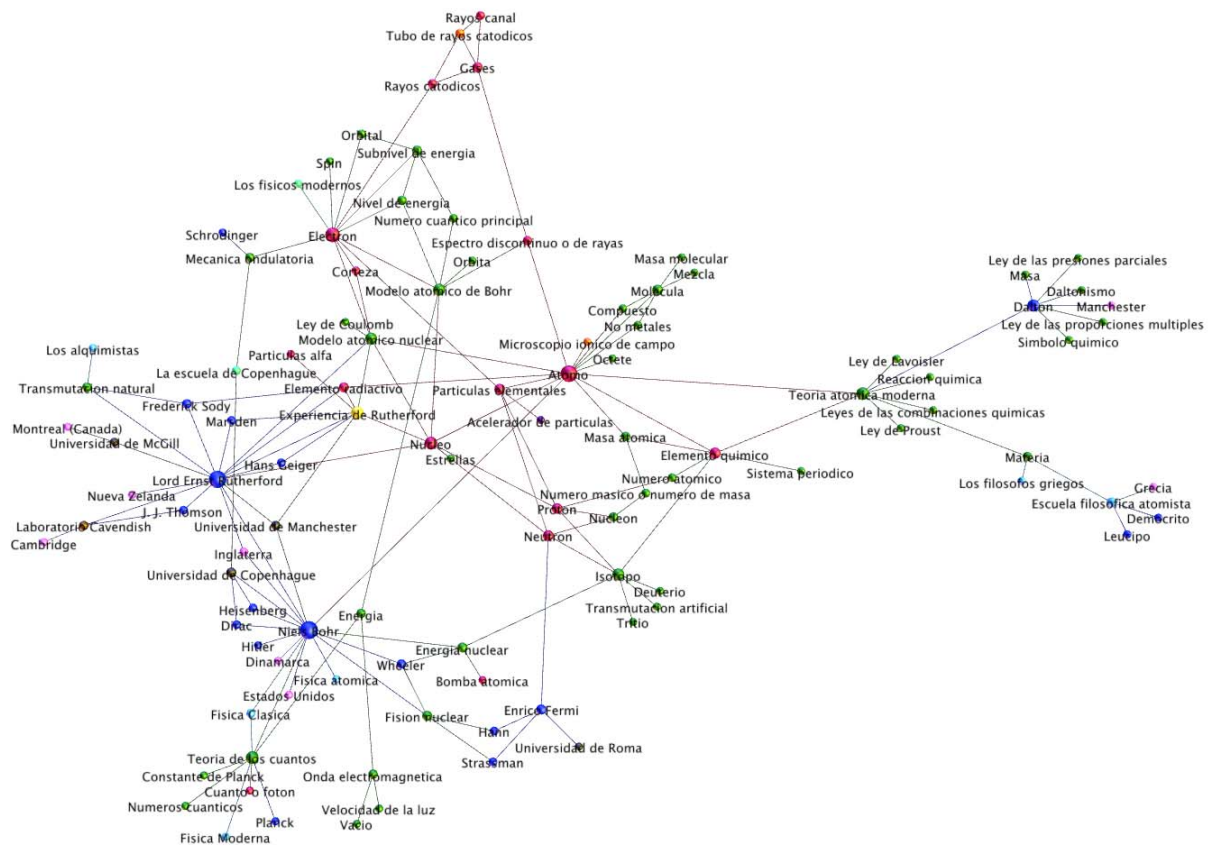
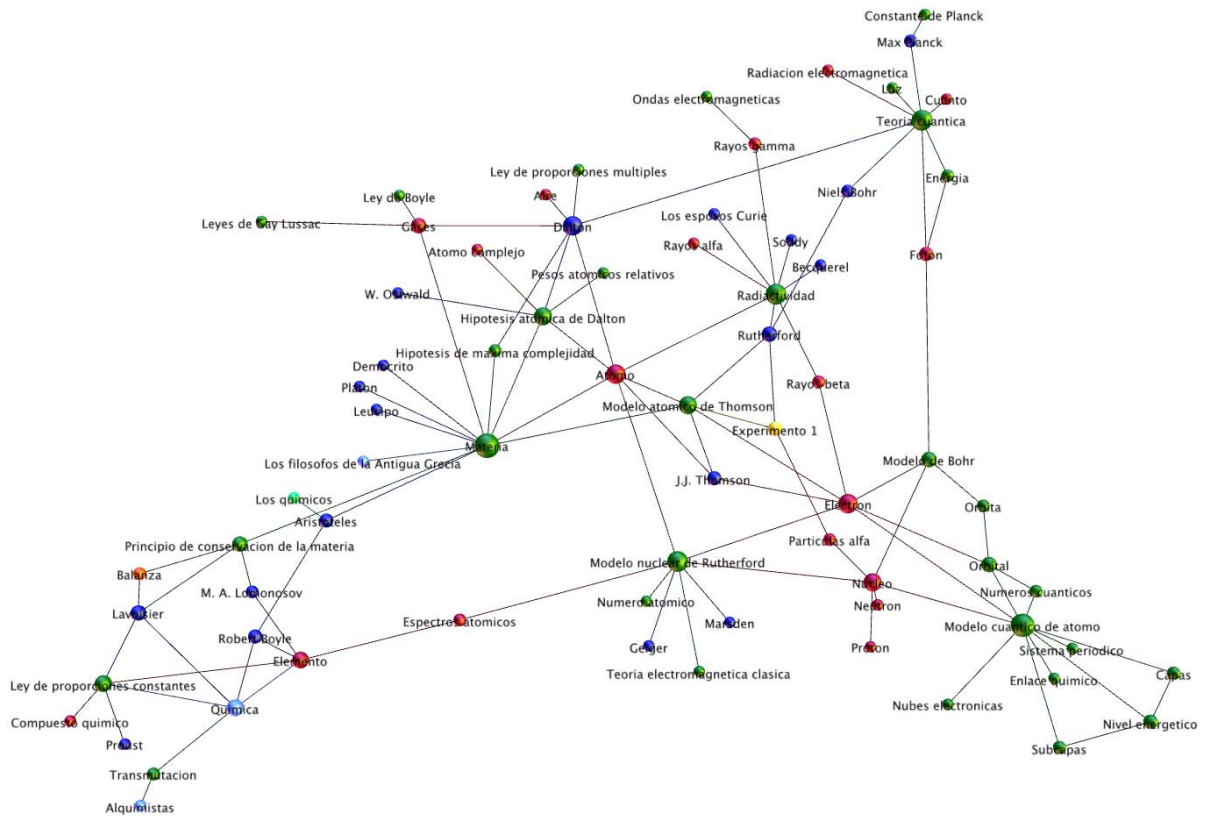
No obstante, tal como se vio en los libros presentados en esta sección, desde el análisis sociológico es posible ver las biografías desde otra perspectiva, de la misma manera en que fueron revalidadas por los historiadores de la ciencia después del giro kuhniano, dando relevancia a perspectivas que hasta ese entonces no se habían considerado en la manera como se habían escrito, en el que se reconoce su multiplicidad y los múltiples fines con los que puede ser escrita: para entretener, para motivar a los jóvenes científicos quienes de seguro estarán interesados en las peripecias de los científicos profesionales, para explicar el trabajo técnico de los científicos, para honrar a los hombres de ciencia (y cada vez más a las mujeres de ciencia también), para fortalecer discursos nacionalistas y glorificar a la nación, para establecer héroes y heroínas científicos modernos y seculares, para inculcar valores morales y también para ganar dinero (Söderqvist 2007b).

Así, si dentro de la enseñanza de las ciencias se reconoce esta multiplicidad, se acepta que una de las facetas de las biografías puede ser altamente didáctica y se rescatan sus bondades para la transmisión de una nueva imagen de ciencia en la escuela, se podrá contar con una “nueva” herramienta muy potente, ya que, al ser la vida de los científicos el centro del relato narrativo, en la biografía se recupera para el discurso escolar a la persona, al científico como sujeto e individuo, lo cual puede establecer vínculos afectivos entre los alumnos y maestros con una ciencia ajena, centrada sólo en lo cognitivo.

7.5.3. El interés explícito por la historia de la ciencia en los libros de texto (Libros 33, 49, 51 y 54)

Sólo en cuatro de los 61 libros analizados se menciona de manera explícita en el prólogo o presentación del mismo un interés decidido por la inclusión de aspectos relacionados con la historia de la ciencia. En los cuatro casos los textos fueron publicados después de 1975.

Al revisar las redes de estos cuatro textos (figura 32) se está frente a redes ampliamente conectadas y complejas, con un amplio protagonismo por parte de los científicos y la presencia de nodos que no son muy comunes en el conjunto de la muestra, como instrumentos, asociaciones, lugares, experimentos, etc.



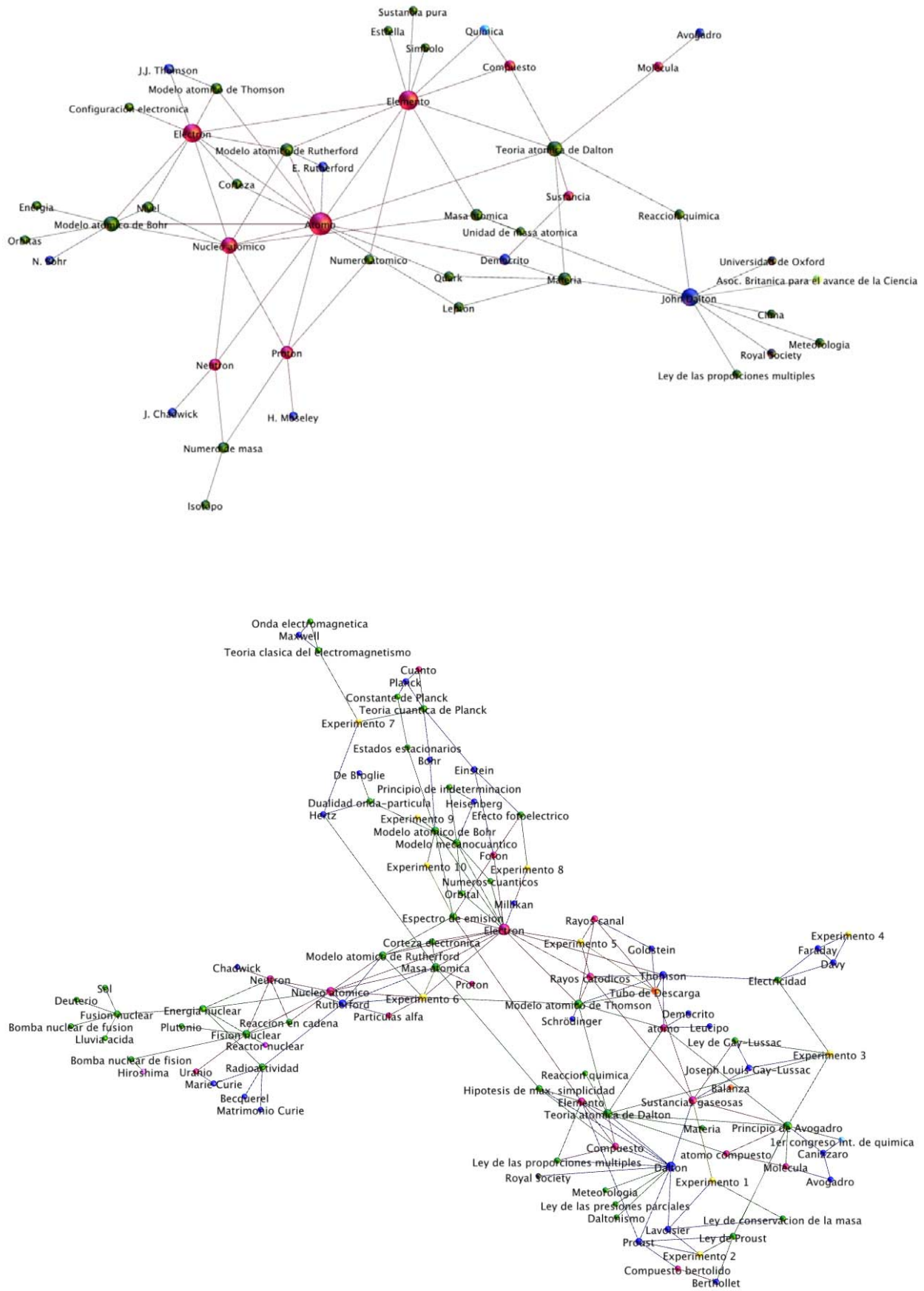


Figura 32. Redes 33, 49, 51 y 54 pertenecientes a libros en los que se explicita un interés por la historia de la ciencia.

Este resultado permite resaltar la importancia que tienen dos aspectos ampliamente discutidos acerca de los libros de texto en la enseñanza de las ciencias: la necesidad de persuadir a los autores sobre la inclusión de la historia de la ciencia en los libros de texto y la necesidad de hacer explícitos en el libro de texto elementos que resalten los aspectos que fortalecen un mejor entendimiento de la naturaleza de la ciencia.

El análisis sociológico aplicado en este trabajo evidencia a través de las redes el papel fundamental que juega el autor del libro de texto en la manera cómo entiende y presenta la ciencia en un contexto histórico, soportada si bien es cierto en los conceptos, pero altamente compleja al socializar elementos que como se ha visto quedaron excluidos del discurso de la ciencia escolar.

Discusiones como la presentada en la sección anterior llevan a recomendar acciones acerca de los contenidos y las estrategias para materializar en el libro de texto las intenciones alrededor de HFC, sin embargo, el problema de los libros de texto va más allá de qué se incluye o cómo se hace y debe ser tratado entendiendo la complejidad de los libros de texto, en la que no sólo están involucrados los investigadores en enseñanza de las ciencias o a los diseñadores de currículos científicos sino en la que juegan un papel determinante los autores de los libros de texto.

En la tabla 12 se presentan las citas textuales de las referencias hechas por los autores en los índices o prólogos acerca de su interés por la inclusión de la historia. Estas citas reflejan claramente tres posturas: una post-kuhniana en la que la historia sirve como elemento que provee los episodios para entender cómo funciona la ciencia, una histórica donde lo importante para la enseñanza de las ciencias es la historia en sí misma y otra curricular en la que el autor se ajusta a lo establecido en los estándares. Así, es claro que los autores que se atreven a incluir contenidos históricos en sus libros de texto tienen diferentes motivaciones y diferentes marcos de creencias epistemológicos que introducen una fuente adicional alrededor de la cual reflexionar si lo que se piensa como alternativa es formar y persuadir a los autores, por lo que este escenario perfila nuevas directrices en la investigación en didáctica de la ciencia que como se ha visto se ha dirigido principalmente a los docentes pero no a los autores de los libros de texto.

Libro	Año	Qué se menciona en el índice o prólogo sobre HC
33	1976	<p>“... Se comprenderá, pues, que concedamos una gran importancia al desarrollo histórico de las ciencias físico-químicas, pero no guiados por un deseo de “contar” la historia de los problemas abordados (planteamiento igualmente ineficaz, cara a la exposición, como una simple exposición de resultados), sino de extraer, de dicha historia, los problemas significativos y poner a los alumnos en situación de abordarlos y resolverlos.</p> <p>Creemos, sin embargo, que no se debe caer en una supeditación excesiva al desarrollo histórico, sino simplemente aprovechar aquellos problemas y situaciones que, con las simplificaciones necesarias, puedan ser abordados por los alumnos”.</p>
49	1994	<p>“Además, en muchos temas, se han añadido lecturas complementarias, relacionadas casi siempre con la Historia de la Física y de la Química. Es sabida la importancia de la Historia de la Ciencia en la enseñanza”</p>
51	1995	<p>Entre los objetivos para el componente actitudinal se menciona: “Valorar el intercambio de ideas entre los científicos. Interés por conocer las respuestas a los problemas planteados por los seres humanos en diferentes épocas. Conocimiento de los grandes avances científico-tecnológicos producidos a lo largo de la historia. Reconocer el hecho de que unas teorías se sustituyen por otras. Adoptar actitudes de flexibilidad y antidogmatismo hacia las hipótesis y los postulados de la ciencia y reconocer el trabajo científico como una actividad humana colectiva en continua revisión y sometida a limitaciones”.</p>
54	1998	<p>En la presentación del libro dice que cada crédito (capítulo) se inicia con la presentación de los objetivos, los contenidos y una introducción histórica. Asimismo, se dice que los márgenes se han reservado para incluir explicaciones complementarias entre las que puede haber biografías de científicos o notas históricas.</p>

Tabla 12. Menciones explícitas al interés por la historia de la ciencia en algunos libros de texto.

7.5.4. Los contenidos de HFC en la era del libro digital

Para finalizar esta sección se discuten algunos aspectos relacionados con el libro 61 de la muestra, el digital text.

El libro digital es uno de los elementos fundamentales en el andamiaje del Programa Escuela 2.0, el proyecto de integración de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICs) que se puso en marcha en las escuelas españolas desde el año 2009 (Pérez-Sanz 2011). El libro digital es un libro de texto multimedia interactivo pensado para aprovechar al máximo las posibilidades del formato digital (Grupo Oceáno 2010). Ha sido concebido como un complemento a los materiales impresos y como

herramienta didáctica para que el proceso de enseñanza-aprendizaje continúe en el hogar. Incorpora una amplia variedad de elementos interactivos y recursos multimedia para facilitar el aprendizaje, reforzar y ampliar contenidos y motivar a los alumnos. Entre ellos, se encuentran animaciones, vídeos y materiales audiovisuales, mapas conceptuales interactivos, actividades interactivas, autoevaluaciones, “WebQuest”, blogs de clase, entre otros (Libertad digital 2010).

Como se ve el libro digital está dirigido a cambiar, con respecto al libro de texto, las estrategias para la transmisión e interacción con el conocimiento, más no los contenidos. Es por esto que en términos de los aspectos analizados en este trabajo no se aprecia una diferencia marcada entre el libro digital y los libros tradicionales impresos, resultados similares fueron expuestos por Hernández (2011) en un análisis comparativo del tema de ondas en los libros tradicionales y los libros digitales, en el que encontró la misma tendencia dogmática en la manera en que se presentan los contenidos en ambos tipos de textos.

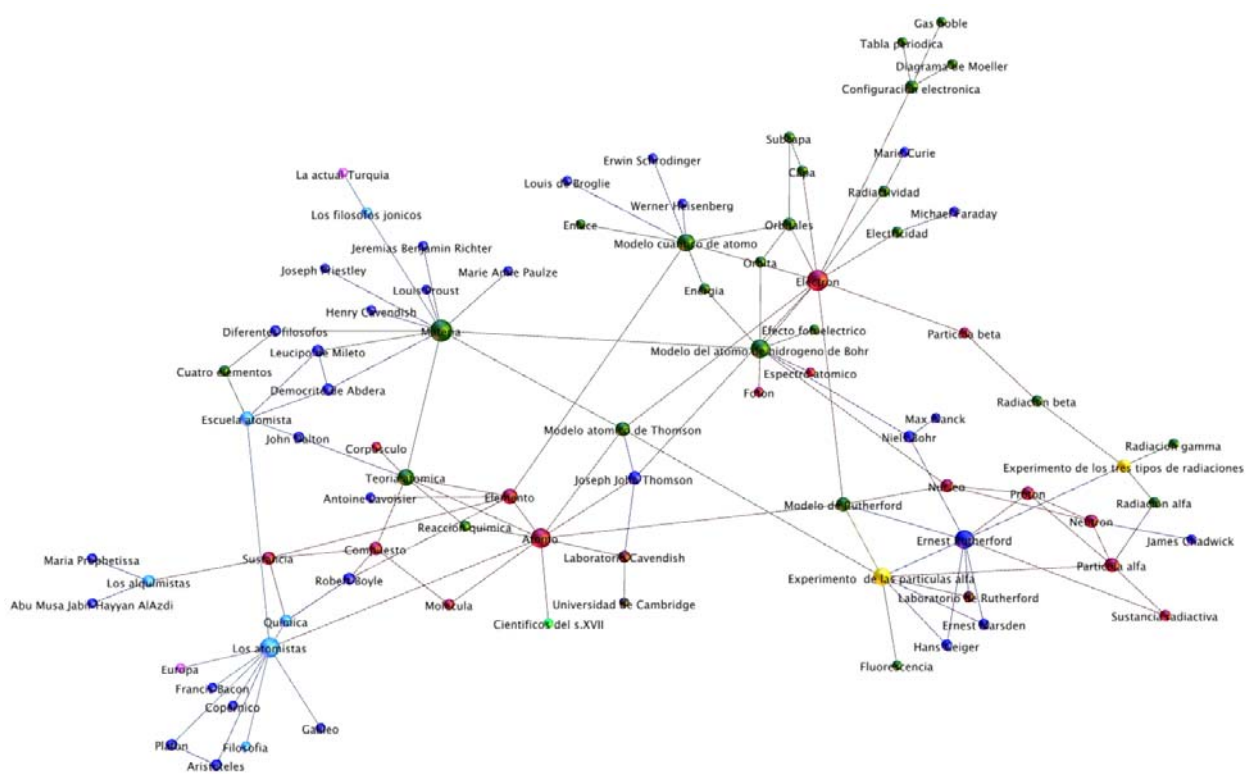


Figura 33. Red que representa la actividad científica en el digital text.

Sin embargo, es posible evidenciar una diferencia en el presente trabajo acerca del tratamiento que se da a los científicos. A nivel de las redes es evidente que hay un amplio interés en estos actores (figura 33), éste es uno de los tres libros de texto que tiene un mayor número de ellos, aunque un 60% son “pendant edges” a la vez que

las interacciones entre científicos son muy bajas. No obstante, como se mencionó en el análisis de las imágenes hay una intención manifiesta en este libro por incluir científicos pertenecientes a culturas no hegemónicas, así como rescatar el papel de las mujeres científicas, elementos propios del discurso multicultural y feminista, que se da especialmente a nivel del tratamiento de las imágenes, a pesar de que en los objetivos del libro no se hace mención a estos aspectos, como tampoco a un interés por incluir elementos del enfoque HFC.

Sin embargo, más allá de la gran cantidad de imágenes de científicos que se introducen, de la posibilidad de simular algunos experimentos importantes para el tema de la estructura atómica, el libro digital no representa ningún cambio con respecto a la manera cómo se entiende la ciencia y cómo trabajan los científicos, con respecto a los libros tradicionales, con lo que el futuro de los libros de texto en el aula para el siglo XXI, parece no mostrar un panorama alentador y remite nuevamente al problema de continuar la tarea de persuasión para convencer a las editoriales acerca de la necesidad de cambiar los contenidos históricos y de naturaleza de la ciencia, así como los enfoques epistemológicos de sus libros de ciencias.

CAPÍTULO 8

DISCUSIÓN GENERAL DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se discuten de manera general los resultados de este trabajo. Este capítulo no se estructura a través de las preguntas de investigación sino que, siendo consecuentes con nuestros planteamientos iniciales, dejamos que los resultados en sí mismos señalen y dirijan, como efectivamente lo han hecho, el camino a seguir. En este capítulo se retoman los resultados pero ahora se discuten y analizan desde cuatro perspectivas, sugeridas por los mismos datos, tres de ellas incluidas en los objetivos iniciales y otra que fue apareciendo como relevante en el proceso mismo:

- Curricular, que surgió de la evidencia empírica obtenida en esta investigación²¹, de cómo los libros de texto son diferentes en función del tiempo con dos puntos de inflexión importantes en la década de 1970 y a comienzos de los años 1990s.
- Sociológica de las ciencias, que refleja cómo circula la ciencia en los libros de texto de ciencia escolar a partir del análisis de las redes y que muestra cómo un modelo de la sociología de la ciencia se pudo aplicar para analizar los libros de texto de ciencias.
- Didáctica, que refleja cómo ciertos aspectos ampliamente discutidos en las investigaciones en HFC y NdeC acerca del predominio de posiciones inductivistas y positivistas, entre otros, el papel de la historiografía “whig”, están presentes en los libros de texto analizados y de cómo cambia la imagen y la idea de ciencia con los contenidos históricos.
- Metodológica, que muestra cómo la apuesta por hacer más complejo el análisis de redes con otros elementos permitió caracterizar hasta cierto punto cómo es el escenario que enmarca las redes que describen cómo circula la ciencia dentro de los libros de texto.

.....
²¹ A pesar de que la revisión de literatura había mostrado cómo los libros de texto en España se ajustan rápidamente a las reformas curriculares (De Pro et al. 2008, Calvo-Pascual y Martín-Sánchez 2005) no habíamos incluido la dimensión curricular como perspectiva de análisis.

8.1. LOS RESULTADOS DESDE UNA PERSPECTIVA CURRICULAR

El análisis de los libros de texto se realizó en orden cronológico, con lo que las similitudes y los puntos de cambio fueron evidentes. Un primer cambio, especialmente en la forma, era el que se apreciaba en los libros publicados en la década de los 1950, donde la diagramación e ilustración de los textos era diferente y las estrategias para resaltar la información incluían por primera vez el uso de las dos tintas. El siguiente cambio estuvo marcado por la introducción y dominio absoluto de la policromía en los libros publicados desde finales de la década de los 1980. Los libros publicados entre estos dos puntos fueron desde el inicio interesantes porque variaban ampliamente entre ellos, el análisis que había resultado uniforme hasta entonces tenía ahora un factor "sorpresa", ya que cada nuevo libro, podía ser totalmente diferente al anterior. Así, sin tener información previa acerca de los libros de este período, fue claro que correspondían a una especie de estado de transición en el que muchos cambios simultáneos se habían sucedido.

El análisis de los resultados mostró que la distribución de los nodos en las redes, la conexión entre nodos y los nodos protagonistas, entre otros, eran ampliamente diferentes antes y después de 1976. De otro lado, el análisis de información adicional acerca de la ciencia y la actividad científica, mostró que después de este año los libros de texto se interesaban más por estos aspectos, se hacía mención al método científico, aparecían capítulos dedicados a qué es la ciencia y cómo trabaja, entre otros aspectos que ya fueron evidenciados en el capítulo anterior. El análisis de la dimensión temporal mostró un antes y un después en la cantidad y diversidad de las referencias al pasado de la ciencia alrededor del período de publicación 1972-1976, mientras que el análisis de las imágenes señalaba que el manejo del recurso visual había cambiado después de 1970, a la vez que después de 1976 se apreciaba un interés creciente por las imágenes relacionadas con la actividad científica. De otro lado, el análisis de las redes mostró que después de 1991, junto al cambio formal que implicó la llegada de la policromía, había otro punto de inflexión en la distribución de los nodos que significó, entre otros, un aumento en lo que se ha venido denominando "humanización" y "colectivización" de los libros de texto.

La revisión de los currículos nos permite atribuir claramente estos cambios e interpretar los resultados a la luz de la influencia que tuvieron en estos dos momentos, las modificaciones que se introdujeron en los contenidos de los planes de estudios a partir de la Orden de 22 de marzo de 1975 (B.O.E. 93 de 18.04.1975) por la que se

desarrolló el Decreto 160/1975 (B.O.E. de 13.02.1975) en el que se aprobó el Plan de Estudios del Bachillerato y se reguló el COU, y de otra parte los Reales Decretos 1007/1991 y 1178/1992, en los que se establecieron las enseñanzas mínimas de la ESO y el bachillerato.

La Orden de 22 de marzo de 1975 introdujo en el plan de estudios un cambio sustancial con respecto a los planes de estudios anteriores, una unidad, la primera del segundo curso optativo de física y química, denominada: “La física y la química, ciencias experimentales. El método científico. Magnitudes físicas”. Este cambio se apreció inmediatamente en los libros publicados en 1976. Cada libro acogió el cambio de una manera diferente, no obstante, en la mayoría de los casos el carácter empiricista del que estaba impregnado el nuevo plan de estudios fue el que dominó la manera cómo los autores plasmaron estas ideas en los textos. El documento curricular señalaba como recomendación metodológica:

“Procurar la máxima integración posible entre la Física y la Química, evitando todo aquello que induzca al alumno a considerar estas ciencias como adscritas a esquemas mentales totalmente diferentes y lejanos. A nivel elemental, se destacará el carácter cuantitativo de ambas ciencias y se aprovecharán todas las ocasiones posibles para resaltar la continua aplicación del método científico (B.O.E. 38 de 13.02.1975:8066)”.

En este aspecto, más allá de la inclusión del capítulo introductorio, el espíritu de la educación científica alrededor del experimento y el peso del método científico no distaban de lo ya expresado en las orientaciones metodológicas para el primer curso (3º) de Física y Química de la orden del 4 de septiembre de 1967 (B.O.E. 234 de 04.09.1967) que aprobaba los Cuestionarios de Bachillerato Elemental:

“Dado el carácter eminentemente experimental de estas ciencias [la física y la química], procede que el primer contacto del alumno con ellas sea la experiencia y el dato experimental. Su desarrollo debe realizarse de forma experimental, llevando al alumno a participar activamente dentro de lo posible en el descubrimiento de leyes y teorías y en la obtención de conclusiones como resultado de los datos experimentales logrados en clase. El método seguido ha de ser rigurosamente científico, interesando al alumno en la motivación de la experiencia en su realización y en la obtención de conclusiones (B.O.E. 234 de 04.09.1967:13431)”

Por lo que en este contexto adquiere una gran valía el libro 33, ya que es el único que critica en cierta forma este esquema predominantemente empiricista y se atreve a plantear una nueva mirada en la que es evidente la presencia de los planteamientos kuhnianos, por ejemplo, en la importancia que se da al valor de la historia para ilustrar la manera cómo trabaja la ciencia:

“... Se comprenderá, pues, que concedamos una gran importancia al desarrollo histórico de las ciencias físico-químicas, pero no guiados por un deseo de “contar” la historia de los problemas abordados (planteamiento igualmente ineficaz, cara a la exposición, como una simple exposición de resultados), sino de extraer, de dicha historia, los problemas significativos y poner a los alumnos en situación de abordarlos y resolverlos. Creemos, sin embargo, que no se debe caer en una supeditación excesiva al desarrollo histórico, sino simplemente aprovechar aquellos problemas y situaciones que, con las simplificaciones necesarias, puedan ser abordados por los alumnos. Se comprenderá también nuestro interés por todos los aspectos metodológicos de la ciencia que no pueden resumirse, como tan a menudo se hace, en cuatro frases de un primer capítulo sobre un supuesto Método Científico de validez universal... que se ignora a continuación en el resto del curso. Contrariamente, hemos pretendido multiplicar las ocasiones, a lo largo de todo el libro, para la ejercitación del mayor número de aspectos de la metodología científica, desde la emisión de hipótesis a la interpretación de los resultados, con objeto de que todos los alumnos puedan estar, al final del curso, más capacitados para abordar científicamente un problema y comprender la complejidad del desarrollo científico y su íntima relación con toda la actividad humana
(Libro 33 1976:4)”

En el curso 83-84 se inició un proceso experimental de reforma en algunos centros, entre institutos de bachillerato unificado polivalente BUP y de formación profesional FP, centros de enseñanzas integradas y centros privados, en los que el Ministerio de Educación y Cultura y los órganos correspondientes de las comunidades autónomas desarrollaron una serie de experiencias en distintos niveles de enseñanza que permitieran introducir modificaciones y reformas que se consideraban necesarias para la actualización del sistema educativo, con el fin de superar algunas deficiencias del sistema existente (Ministerio de Educación y Cultura et al. 1997). El resultado final de este proceso fue la promulgación de una nueva Ley de Ordenación General del Sistema Educativo, cuyos “planes de estudio” aparecieron en 1991.

En estos nuevos planes contenidos en los Reales Decretos 1007/1991 (B.O.E. de 26.06.1991) y 1179/1992 (B.O.E. de 21.10.1992) en los que se establecieron las enseñanzas mínimas para la educación secundaria obligatoria ESO y el bachillerato respectivamente, había tres puntos interesantes, con respecto a los planes de estudio que les precedieron y que se vieron reflejados en los resultados de esta investigación. Inicialmente hay que considerar el hecho de que el énfasis del plan de estudios de 1975 en la investigación científica, depositado principalmente en el método científico se focalizó sólo al nivel de bachillerato mientras que la enseñanza obligatoria se centró principalmente en reconocer las ciencias naturales como parte de la sociedad y la cultura, y recalando la importancia del conocimiento de su naturaleza, su carácter tentativo, cambiante y dinámico; su valor social y su importancia para el desarrollo de la humanidad. Así el rol hegemónico del método científico, al menos en la ESO se diluyó, dando paso a un giro hacia lo procedimental, donde lo importante es que los estudiantes conozcan y utilicen en la escuela algunos de esos “métodos científicos” habituales en la actividad científica. En ese momento en los libros de texto el método científico idealizado se transforma²², o en el peor de los casos sobrevive coexistiendo con un conjunto de estrategias operativas que busca que los estudiantes se acerquen desde su propia práctica al trabajo de los científicos profesionales.

Otro de los aspectos, el más destacable desde el punto de vista de este trabajo, fue el giro a una concepción socioconstructivista de la actividad científica, como lo refleja el hecho de que uno de los objetivos generales para la ESO sea: “Valorar el conocimiento científico como un proceso de construcción ligado a las características y necesidades de la sociedad en cada momento histórico y sometido a evolución y revisión continua (B.O.E, suplemento del núm. 152 de 1991:36)”. Este cambio se reflejó en los currículos de la ESO y del bachillerato a nivel de los objetivos, la evaluación y los contenidos (actitudinales, en todos los casos). Así, por ejemplo en el BOE de la ESO, como parte de la unidad “Diversidad y unidad de estructura de la materia aparece como contenido actitudinal: “valoración de la provisionalidad de las explicaciones como elemento diferenciador del conocimiento científico y como base del carácter no dogmático y cam-

²² La resistencia a desaparecer del método científico único, estandarte del positivismo se refleja en las posiciones cambiantes en los planes de estudio; así, por ejemplo en la modificación que sufrió el bachillerato de 1992 en el Real Decreto 3474/2000 (B.O.E. de 16.01.2001) se señala que “En la asignatura de Física y Química ... la utilización del método científico debe ser un referente obligado en cada uno de los temas que se desarrollen” (B.O.E. de 16.01.2001:14), mientras que en el Real Decreto 1467/2007 (B.O.E. de 06.11.2007) en el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas, donde nuevamente se hace mención a los “métodos científicos” y no al método unificado.

biente de la ciencia” (B.O.E., suplemento del núm. 152 de 1991:36) y para “La tierra en el universo” dos objetivos actitudinales: “valorar la actitud de perseverancia y riesgo del trabajo de los científicos para explicar interrogantes que se plantea la humanidad” e “interés en recabar informaciones históricas sobre la evolución de las explicaciones científicas a problemas planteados por los seres humanos (B.O.E., suplemento del no. 152 de 1991:37).

Esta mirada estaría presente desde 1991-1992 en todos los documentos curriculares posteriores donde se fueron introduciendo otros aspectos como la importancia de la historia²³, la relevancia de las controversias y los debates, las interacciones Ciencia, tecnología, sociedad y ambiente CTSA, la mención a la tecnociencia, el trabajo colectivo, la presencia de influencias que afectan el trabajo científico, etc. que, como se apreció en el capítulo anterior, han ido apareciendo de una u otra forma también en los libros de texto. No obstante, a pesar de que la intención de resaltar el carácter social y constructivista de la ciencia es transversal en estos documentos, desde los objetivos y contenidos hasta los criterios de evaluación, las críticas formuladas por De Pro et al. (2008) muestran cómo en los libros de texto publicados después de la LOGSE se atendieron en gran parte las recomendaciones curriculares de los contenidos conceptuales y se dejaron de lado los procedimentales y los actitudinales, por lo que los libros siguen centrándose en los conceptos, tal cómo lo señalan estos investigadores o como lo evidenció la distribución del porcentaje de vínculos, con respecto al resto de nodos, con lo que este proceso de cambio parece apenas insuficiente a la hora de evidenciar cambios reales que alejen a los libros de texto de las imágenes idealizadas de ciencia para mostrar en la enseñanza una ciencia que refleje la del mundo “real”, cuestión de la que se hablará posteriormente en las implicaciones didácticas.

Finalmente hay que destacar el papel que a nivel curricular ha tenido desde 1991-1992 la presencia de los modelos científicos. El B.O.E. del bachillerato de 1992 señalaba como uno los objetivos generales de la formación: “Comprender el sentido de las teorías y modelos físicos y químicos como una explicación de los fenómenos naturales, valorando su aportación al desarrollo de estas disciplinas” (B.O.E suplemento del núm. 253:56). Estas consideraciones están presentes en los documentos curriculares de

.....
²³ A pesar de que en el Real Decreto 1631/2006 (B.O.E. de 05.01.2007) donde se establecen las enseñanzas mínimas para la ESO se señale junto a la recomendación a estudiar los debates de la ciencia que: “Si bien la historia de la ciencia presenta sombras que no deben ser ignoradas, lo mejor de la misma ha contribuido a la libertad del pensamiento y a la extensión de los derechos humanos” (B.O.E. de 05.01.2007:692).

2006-2007 donde se les reconoció un rol como bases de la construcción del saber científico. Estos cambios reflejan su aparición protagónica en las redes e imágenes de los libros de texto posteriores a 1991.

8.2. LOS RESULTADOS DESDE UNA PERSPECTIVA SOCIOLÓGICA DE LAS CIENCIAS

La sociología de las ciencias de tendencia socioconstructivista, de la que se habló en el marco teórico, se enfoca en los procesos y no en los productos terminados de la ciencia, hace un viraje hacia las prácticas y lo que hay atrás de ellas; fija su mirada en la ciencia como construcción social, reconociendo el papel en este proceso no sólo de los humanos sino de los no-humanos, los lugares, los instrumentos, las instituciones, etc. De otro lado, como se acaba de ver en la sección anterior, las directrices curriculares de los últimos 20 años en España buscan que los estudiantes entiendan la ciencia como construcción social. Se podría pensar entonces que la ciencia construida de la que se habla en los dos ámbitos es la misma y que, si la sociología de la ciencia la estudia, escarba en ella, intenta comprenderla y la escuela busca enseñarla, se deberían tender algunos lazos entre las dos; sin embargo, esto no sucede así, la sociología de la ciencia ha permanecido ausente del panorama de la enseñanza de la ciencia.

Los resultados del análisis reflejan esta ruptura. La ciencia de los libros de texto es una ciencia idealizada: científicos, descubrimientos y experimentos mitificados; historias armadas en retrospectiva, los productos (conceptos) cerrados de una ciencia terminada llenan las páginas de los libros de texto que llegan a las aulas. Entre tanto, los investigadores en sociología de la ciencia se preocupan por investigar cómo funciona la ciencia, qué se esconde detrás de esa ciencia simplificada que sale al ámbito de lo público. Éste es el punto clave de este trabajo, el hecho de que la conexión entre sociología y la enseñanza de las ciencias no es un capricho sino que nuestros resultados la reflejan. En los dos casos hay un problema alrededor de los procesos. En el aula se optó por una salida pragmática, y fueron reducidos a procedimientos con lo que el trabajo científico se convirtió, como se mencionó en el capítulo anterior en un conjunto de estrategias igualmente simplificadas que llegan a la escuela y dicen “así se trabaja en ciencia” “vamos a trabajar como lo hacen los científicos”. En el otro lado, los sociólogos dijeron que los procesos quedaron atrapados en cajas negras, que la ciencia está plena de ellas y que su labor, así como la de los historiadores, debía ser darse a la tarea de develar esos procesos.

En este trabajo se ha evidenciado cómo la ciencia del libro de texto está también “construida” de esas cajas; en este trabajo fue posible entender cada una de ellas como un nodo y se vio cuán cerrada estaba a través de sus conexiones. Los resultados no fueron muy alentadores, una gran cantidad de nodos, casi la mitad, están conectados a las redes tan solo por un punto. No obstante, fue posible usar la perspectiva sociológica para evidenciar y comprender el relato de la ciencia dentro de cada libro de texto como una red, como un conjunto de nodos que están a la espera de ser conectados y que la única forma de hacerlo es entendiendo qué se esconde detrás de cada uno de ellos, qué implican.

Un buen punto para empezar es comprender el valor sociológico de los resultados obtenidos. El relato de los libros de texto carece por completo de esa construcción de la que los currículos hablan. La ciencia que presentan ha dejado por fuera elementos que le son esenciales para existir; los laboratorios, los epicentros donde se originan, están desaparecidos tanto como los instrumentos y los equipamientos. No obstante, lo más difícil de aceptar es que se olvidó de los científicos, ignoró las convenciones, las negociaciones, los acuerdos, de los que se habla en los documentos curriculares, de los que ha dado cuenta la historia y la sociología de las ciencias y los redujo a nodos desconectados que viven en la periferia pendiendo de un vínculo (una analogía perfecta para entender el término de la teoría de redes que hemos venido empleando, “pendant edges”). Además, las redes de nuestros libros mostraron que cuando los científicos aparecen lo hacen generalmente en solitario, así que la “empresa” científica carece de instituciones, disciplinas, comunidades, financiamiento, todos esos elementos que permitirían hacerse una imagen más compleja de qué es y cómo trabaja.

No obstante, el análisis realizado puede ayudar a replantear el relato de la ciencia de los libros de texto, si lo que se quiere es dar cuenta de cómo circula de una manera más próxima a la ciencia erudita. Para esto, la perspectiva sociológica que se ha utilizado ha sido bastante productiva al revelar las potencialidades de los no-humanos, los modelos, los experimentos, los descubrimientos y las biografías para movilizar y conectar los nodos; éste es el punto que se discutirá con mayor profundidad en la propuesta didáctica.

8.3. LOS RESULTADOS DESDE UNA PERSPECTIVA DIDÁCTICA, DESDE HFC Y NdeC

En la sección anterior se expuso cómo en este trabajo se entendió que el relato de la ciencia dentro de cada libro de texto podía ser visto como una red, como un conjunto

de nodos y cómo cada nodo revela algo de la manera cómo se entiende la actividad científica en la medida en que está más o menos conectado con otros. Sin embargo, también desde el inicio de esta investigación, cuando se apostó por el análisis de redes se consideraron sus limitaciones ya que podía decir con quién están conectados los actores pero nada sobre la calidad de las conexiones y sobre los nodos en sí mismos, por lo que se decidió recopilar información de otras fuentes a fin de saber más de los nodos.

Ya que una de las intenciones de este trabajo es poner en evidencia las conexiones existentes entre la sociología y la didáctica de las ciencias, se decidió buscar la información adicional acerca de los ejes que desde la investigación en NdeC se han mostrado “problemáticos” en la enseñanza de las ciencias y en la imagen de la ciencia que ella transmite. Así, cuando se elaboró el listado de aspectos adicionales acerca de la ciencia y la práctica científica que se exploraría en el libro de texto, la intención siempre fue construir un escenario que “cobijara” la red y que permitiera discutir en un contexto más amplio las conexiones que reflejaría el análisis de redes.

Esta perspectiva histórico-epistemológica reflejó que, a pesar del discurso socioconstructivista de los currículos, los libros de texto manejan un relato histórico conducente al progreso, que la ciencia se entiende aún desde preceptos empiricistas/positivistas donde la verdad, la observación objetiva y el método científico persisten y que los valores científicos que se transmiten, todos idealizados, se mueven entre el éxito y una ciencia que soporta el desarrollo de la humanidad y que tiene como fin explicar la naturaleza. Además, la ciencia de los libros de texto es realizada por científicos distorsionados aislados de las comunidades, instituciones e intereses, que garantizan una imagen de ciencia libre de influencias.

Así, este panorama muestra cómo, de un lado, las investigaciones y esfuerzos desde la didáctica de las ciencias tienen efectos en lo curricular; que lentamente estos cambios han permeado los libros de texto pero que las creencias epistemológicas que subyacen son muy sólidas, con lo que los libros resultan siendo un conjunto ecléctico de discursos donde se puede hablar de la tentatividad de la ciencia al exponer cómo el modelo de Rutherford falló, pero que en el capítulo introductorio delimita estrictamente las pautas para trabajar como “verdaderos científicos”, partiendo de la importancia y relevancia de la observación objetiva de los fenómenos del mundo material, que demarcan lo que es y no es ciencia. De esta manera, lo más relevante del análisis de estos aspectos adicionales fue evidenciar que el contexto que enmarca las redes está construido por diferentes relatos que coexisten entre amplias incongruencias:

- Una ciencia normativa, demarcada, idealizada, encarnada en el método científico y en su variante procedimental o estrategias para el trabajo científico, matizada con esto que los estándares denominan los “métodos científicos” pero de los cuales sólo se habla en unos pocos textos
- Una ciencia del pasado, idealizada, soportada en un relato histórico “whig” distorsionado, que conduce al progreso, desde un punto de origen hasta la ciencia “actual”, que está cada vez más cerca de desentrañar los misterios de la naturaleza e interpretar el mundo que nos rodea, y
- Una ciencia empírica idealizada en la que el experimento es la base del conocimiento. Ese rol de soporte se materializa en el relato de una ciencia plagada de conceptos, legitimados con ese relato de contrastabilidad experimental.

Las inconsecuencias de estos tres discursos se evidenciaron en los resultados, por ejemplo en el hecho de que siempre que se habla del método de la ciencia se hace en abstracto, a partir de una listado de pasos y sólo en un caso esta manera de razonar y trabajar se ilustra con un ejemplo histórico de la práctica científica real²⁴. Cuando se presentan experimentos con un nivel de descripción más detallado, como en el caso del experimento de Rutherford, los supuestos normativos del trabajo científico expuestos en el capítulo introductorio no son tan evidentes y, como se mencionó anteriormente, el discurso refleja siempre una lógica inductiva. Cuando se hace uso del recurso histórico, éste generalmente no refleja el carácter tentativo de la ciencia del que se habla comúnmente en las directrices curriculares, entre otros.

Así, es claro que la ciencia escolar, más allá de sus evidentes y necesarias diferencias con la ciencia real, se olvidó por completo de ésta última. La ciencia escolar construyó un discurso que se replegó en torno a una lógica predominante de tipo inductivo/positivista, mientras que la ciencia real se expande a un ritmo que la escuela perdió hace mucho tiempo. La ciencia escolar se acorazó en sus conceptos empaquetados en sus sólidas cajas negras, y el “descuido” programado de los procesos le permite sobrevivir ante la incomodidad que le generan las realidades de la ciencia del mundo globalizado, una ciencia que no sólo busca explicar el mundo allí fuera, en la naturaleza, sino que también obedece a los intereses del mercado, de la vida académica, la competencia por los recursos de las agencias de financiamiento, etc. (Ziman 2000). La frontera entre lo externo/interno que acompañó el origen de la sociología del conocimiento científico es clara entre la ciencia escolar y la ciencia real.

.....
²⁴ Para el caso de la secuencia de pasos de la experimentación escolar sí se presentan algunos ejemplos en unos pocos casos.

Y de la misma forma que se mencionó en el marco teórico, todo escenario dicotómico termina siendo delimitado por una serie de tensiones que en el ámbito escolar de las ciencias son muy evidentes y que son las que de alguna forma recogen las preocupaciones de las que se han hecho cargo la HFC y la NdeC. Dicha tensión se siente cuando se le pide a la ciencia escolar que se ocupe de evidenciar, acercar y mostrar las relaciones de la ciencia con la sociedad y la cultura, mientras que su discurso está basado en idealizaciones y simplificaciones que le han resultado bastante cómodas pero que la han alejado ampliamente de la ciencia que se hizo de lo público desde finales de la década de los 1970s. Los resultados han reflejado que en los libros de texto es evidente una tensión entre la ciencia real globalizada, capitalista, expansiva, industrializada y posmoderna y la ciencia escolar, escudada, anquilosada, resguardada en los modelos de la ciencia moderna (Escudero y Farfás 2009).

8.4. LOS RESULTADOS DESDE UNA PERSPECTIVA METODOLÓGICA

Los resultados se articularon en el capítulo anterior en torno a los cuatro análisis realizados en los libros de texto:

- El análisis de redes, que mostró cuáles son los nodos más importantes, cómo se relacionan y cómo son las redes que representan cómo circula la ciencia en los libros de texto.
- El análisis de los aspectos adicionales sobre la ciencia y la práctica científica, que reveló algunas posturas epistemológicas explícitas e implícitas en los libros de texto, así como la manera cómo se da cuenta de algunos aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia.
- El análisis de la dimensión temporal, que mostró para qué usan los autores el recurso del pasado en su relato de la ciencia, y
- El análisis de las imágenes, que confirmó algunos de los resultados evidenciados en referencia a los científicos, las posturas epistemológicas, la actividad científica y los modelos, entre otros.

Los resultados más relevantes de cada análisis se presentan en la tabla 13 donde se ha preparado una síntesis de los mismos agrupados en las cuatro perspectivas metodológicas: análisis de redes, análisis de los aspectos epistemológicos que hablan de la ciencia, dimensión temporal y análisis de las imágenes. Se han seleccionado los temas para los que hay resultados concordantes entre éstas: los aspectos más y menos

relevantes en cada análisis, los periodos de tiempo que marcan un antes y un después en los resultados, qué pasa con algunos actores: no-humanos, humanos, instrumentos, laboratorios, equipamientos, experimentos y algunos vínculos como leyes, teorías y modelos, la imagen de ciencia y el papel de los descubrimientos.

Uno de los aspectos más relevantes tiene que ver con lo altamente imbricados que están los resultados de los cuatro análisis, cómo entre ellos hay múltiples intersecciones y cómo se complementan cuando éstas no existen. Así por ejemplo, es interesante ver cómo el análisis de redes refleja que los humanos están poco conectados, son periféricos pero no puede decir nada más de ellos, lejos de sus relaciones. El hecho de que, además de localizar al humano como nodo, esté acompañado de la identificación de las acciones que describen su actuar en el libro de texto, del estudio de sus imágenes, del seguimiento de las oraciones en las que se hacía uso del pasado para hacerlos parte del relato histórico, entre otros, permitió matizar ese panorama de desconexión y aislamiento al que están rezagados en gran parte de las redes. Así, cada uno de esos nodos periféricos se convierte en un punto potencial para cambiar el relato científico en el libro de texto, al tener los elementos que permiten no sólo desear traerlos al interior de las redes, sino localizarlos en el espacio y el tiempo, contextualizarlos, darles una imagen más allá de un retrato en primer plano, saber más acerca de sus vidas, de sus trabajos tanto experimentales como teóricos, etc.

Así, el análisis de redes que planteamos como posibilidad para incluir una componente sociológica en el análisis de libros de textos, parece en primera instancia, encajar y complementarse muy bien con otros aspectos, a fin de formular escenarios más propicios para cambiar el relato de la ciencia y de la actividad científica desde una mirada didáctica enmarcada en la HFC y la NdeC, como se discutirá más adelante. La apuesta por construir un marco metodológico ecléctico y heterogéneo alrededor del análisis de las redes, que surgió inspirada por la inclusión del modelo de la función retórica en el análisis de los contenidos histórico-epistemológicos de libros de texto en la prueba piloto que precedió a esta investigación, desde nuestro punto de vista fue fructífero y permitió desde lo empírico corroborar algunos de los supuestos teóricos que desde la investigación en sociología de la ciencia han soportado este trabajo: la búsqueda de la complejidad, la apuesta por lo descriptivo antes que por lo prescriptivo, la posibilidad de innovar al utilizar un marco teórico poco convencional en la investigación didáctica etc.

	Análisis de las redes	Análisis de los aspectos adicionales de ciencia	Análisis de la dimensión temporal	Análisis de las imágenes
Temas más relevantes	Nodos más importantes: vínculos y no humanos.	Temas de mayor interés: práctica científica y naturaleza tentativa de la ciencia.	Predominio de las actividades teóricas sobre las experimentales.	Protagonismo de la actividad experimental, especialmente: exp. de Rutherford, exp. de rayos catódicos y el exp. de desviación de un haz radiactivo.
Temas menos relevantes	No hay nodos en financiación ni representación pública de la ciencia.	Todos menos humanos, no-humanos y vínculos.	No aparecen.	Instrumentos y laboratorios: sus imágenes son obsoletas. No aparecen los equipamientos.
Cambios importantes en función del tiempo	Distribución de los nodos cambia con el tiempo: dos momentos clave 1976 y 1990. Redes más conectadas después de 1971 pero el % de "pendant edges" es aún muy alto.	Después de 1976 mayor mención.	Un antes y un después de 1972. Después de 1976 la información del pasado se diversifica.	Cambian después de 1970. Después de 1976 mayor interés por la actividad científica.
Papel de los instrumentos, laboratorios y equipamientos	Poca presencia de instrumentos, laboratorios y equipamientos, si aparecen están altamente desconectados.	Los instrumentos juegan un papel importante en la observación y en las ideas de verdad/ realidad.		Pocas imágenes de instrumentos laboratorios y equipamientos cuando aparecen son descontextualizadas, desconectadas, obsoletas y alejadas de la ciencia "real".
Papel de otros actores: no-humanos y vínculos	No humanos socializados por leyes, teorías, modelos, etc. y por las disciplinas. No-humanos independientes de humanos.	Leyes, principios teorías, etc. son actores muy dinámicos ligados fuertemente a la experiencia.	Giran alrededor de ellos los eventos de tiempo.	Imágenes de no-humanos como soporte de las teorías, leyes, principios, etc.

	Análisis de las redes	Análisis de los aspectos adicionales de ciencia	Análisis de la dimensión temporal	Análisis de las imágenes
Papel de los humanos	Humanos altamente desconectados y periféricos. Tres estadios para los humanos: deshumanización ⇒ humanización ⇒ colectivización	Humanos deslocalizados en el espacio y el tiempo, despersonalizados y descontextualizados. La mitificación de los humanos se intensifica en la medida que aumenta la humanización.	Científicos centro del relato del pasado.	Sólo los científicos "oficiales", imágenes descontextualizadas, sesgo de género.
Papel de los modelos	Grandes protagonistas: átomo, electrón y recientemente los modelos.	Los modelos son agentes altamente dinamizadores.		Modelos son protagonistas. Las imágenes de los modelos son más importantes que las de los humanos que los proponen.
Imagen de ciencia		Predominancia de una imagen positivista de la ciencia soportada en el método científico, el papel de la observación y la experimentación. Idea de progreso ⇒ Historia "whig"		Predominio de narrativas empirista/ positivista. Imágenes de la física para presentar a la ciencia "ideal". Imágenes que soportan la idea de progreso.
Papel de los descubrimientos		Mitificación de humanos, descubrimientos y experimentos.	No humanos importantes en el relato del pasado de la ciencia es relevante su descubrimiento.	
Actividad científica		Coexistencia de tres escenarios: Ciencia normativa representada por el método, una ciencia experimental idealizada y una ciencia del pasado basada en una historia distorsionada.		Imágenes que hablan de otros aspectos como p.ej. la comunicación. Posibilidad de cambiar las historias "oficiales" con imágenes ficticias.

Tabla 13. Síntesis de los resultados más importantes en los cuatro análisis: redes, aspectos de la ciencia, dimensión temporal e imágenes.

Un aspecto importante de la relativa flexibilidad y libertad metodológica con la que se realizó esta investigación es que cuando inicialmente se eligió el modelo de circulación de la ciencia de Latour existía la posibilidad siempre abierta de no saber qué pasaría con las redes y las conexiones, sólo se partía de dos supuestos: que las redes serían cada vez más complejas, supuesto que se superó al analizar el libro 11 y que, si se atendían resultados de algunas investigaciones previas acerca de la inmutabilidad de los libros de texto (Vaquero y Santos 2001), éstos no deberían cambiar mucho, supuesto que fue superado al evidenciar la influencia de las reformas curriculares, de la nueva filosofía de la ciencia y del pensamiento kuhniano entre otros. Así, ante la posibilidad de enfrentarnos con datos “inesperados”, había libros de texto que antes de terminar el primer mes de muestreo resultaban ampliamente tentadores de convertir este trabajo en una selección de estudios de caso, los libros 11, 13A y 13B. No obstante, se decidió continuar la línea de investigación histórica que resultó ampliamente fructífera, dado que el seguimiento en función del tiempo de las redes permitió rastrear la manera cómo algunos actores cambian con el tiempo y las transformaciones de la química como disciplina escolar, evidenciando los tres estadios epistemológicos que en el siglo XX definieron cómo evoluciona el conocimiento científico, a través de la comprobación de hipótesis y los experimentos, a partir de las teorías y a partir de la construcción y evolución de los modelos (Duschl 2011).

CAPÍTULO 9

LOS RESULTADOS A TRAVÉS DE LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Al inicio de este trabajo se formularon dos preguntas de investigación que es posible conectar ahora con los resultados obtenidos en esta tesis, presentados y discutidos en los dos capítulos anteriores.

9.1. PREGUNTA 1. ¿Se puede aportar a la investigación en HFC y al análisis de los libros de texto de ciencias desde una mirada que considera un marco tanto teórico como metodológico basado en investigaciones de la sociología de las ciencias?

La investigación en didáctica de las ciencias desde el enfoque HFC se ha preocupado por la inclusión de la historia y la filosofía de la ciencia como elementos esenciales para la enseñanza de las ciencias dados sus aportes a nivel no sólo cognitivo, al mejorar el aprendizaje de los conceptos, sino también social al favorecer una imagen contextualizada de la ciencia, afectiva al mostrar una imagen “más humana” de la actividad científica, entre otros. Dentro de este enfoque se ha prestado especial atención a las preguntas de carácter epistemológico que se deben formular como parte de la educación científica con el fin de mostrar cuál es la verdadera naturaleza de la actividad científica, éste es el principal objetivo de su línea de investigación en NdeC.

Este trabajo está enmarcado en el enfoque HFC y está ampliamente conectado con algunas consideraciones en la línea NdeC. Desde su inicio, como resultado de una prueba piloto, esta investigación se enfocó en algunos aspectos de la sociología de las ciencias que podrían aportar a la investigación en didáctica de las ciencias. La sociología del conocimiento científico, el pensamiento de Bruno Latour y el modelo acerca de como circula la ciencia. Estos elementos fueron incorporados en este trabajo con el fin de mostrar cómo algunos de los aspectos de la criticada y estigmatizada sociología de las ciencias podían ser aplicados directamente para estudiar un problema en la ense-

ñanza de las ciencias escolar: la manera cómo se habla de la ciencia y del trabajo de los científicos en los libros de texto de ciencias.

Así, cada una de las partes de este trabajo, el marco teórico, la metodología y los resultados se articularon alrededor de tres ejes:

- El enfoque HFC y su línea de investigación en NdeC.
- La sociología de la ciencia como disciplina y su relación con la didáctica de las ciencias.
- Los libros de texto de ciencia escolar.

En cada una de estos tres escenarios fue posible evidenciar cómo se ha conferido a los aspectos epistemológicos el papel más relevante, como consecuencia de las ideas que marcaron la relación entre la filosofía, la historia y la sociología de las ciencias en el siglo XX. Asimismo fue posible ver cómo a nivel didáctico ha habido un desplazamiento de la inclusión de la historia de las ciencias a una simple relación utilitaria que soporta un discurso epistemológico.

El análisis de los libros de texto mostró que más allá de determinar si hay o no contenidos históricos en los libros de texto (como los de los estudios de Leite (2002) o Urebvu y Omoifo (2005)) el enfoque aplicado en esta tesis permite determinar el rol que los actores con los que se puede definir la actividad científica, han desempeñado en los libros de texto de química publicados en España desde 1850. Fue posible evidenciar el papel central que adquieren los conceptos lo cual se corresponde con investigaciones previas que a nivel discursivo han identificado retóricas magistrales y apodífticas (Izquierdo 2005, Rezende de Pagliarini y Celestino-Silva 2007) y cómo se han relegado ciertos elementos que son considerados externos a la ciencia. Asimismo, el papel que se ha dado a actores relevantes para la ciencia como los científicos, los laboratorios, los instrumentos, los experimentos, los descubrimientos etc.

Estos resultados del análisis sociológico de las redes complementado con el análisis de ciertos factores epistemológicos, la dimensión temporal y las imágenes aportan un elemento de discusión muy importante para el enfoque HFC y para la línea NdeC porque muestran cómo, al haber dado prelación a los aspectos normativos y al utilizar la historia como soporte de un esquema filosófico determinado, se han descuidado elementos que tienen un amplio potencial para la enseñanza de las ciencias, que reflejan la amplia brecha existente entre la ciencia escolar y la ciencia de los científicos, pero que justamente pueden ser empleados para tender puentes entre éstas.

Con respecto al análisis en sí, a lo puramente metodológico, se ha desarrollado en este trabajo una metodología sencilla que permite identificar los elementos que dan cuenta de la actividad científica y cómo se conectan entre ellos. Es una metodología ampliamente versátil ya que al no basarse en los contenidos específicos (como las de los trabajos de Lopes-Coelho o los de Niaz y colaboradores que identifican los aspectos epistemológicos e históricos de un tema en especial) es posible aplicarla en diversos tipos de libros de texto de diferentes niveles educativos, con el fin de identificar cuán compleja se refleja la actividad científica, las conexiones entre diferentes actores, los actores principales, los que han sido relevados, etc.

De otro lado la metodología empleada muestra una mirada diferente de lo que puede ser considerado como cuantitativo en la investigación en enseñanza de las ciencias, ya que el análisis de redes permite obtener gran cantidad de cuantificadores e indicadores numéricos sin ser un análisis estadístico tradicional pero a la vez permite hacer descripciones de las redes que al ponerse en contexto con los demás análisis realizados de tinte completamente cualitativo y descriptivo, permitieron llevar a término una de las metas planteadas inicialmente, la posibilidad real de lograr complementareidad entre metodologías diversas con el fin de llegar a una mejor descripción del objeto de estudio.

Adicionalmente esta investigación aporta a la didáctica de las ciencias la inclusión del que es considerado actualmente uno de los paradigmas más fuertes en las ciencias sociales, el análisis de redes (Solé 2009). Finalmente la metodología está empezando a ser aplicada en otros materiales que son utilizados en el aula como películas de cine (Arroio y Farías 2011) y más recientemente en el análisis de diferentes tipos de biografías (Farías y Arroio 2012).

9.2. PREGUNTA 2. ¿Se pueden proponer, a partir de los resultados de ese análisis, algunas reflexiones y acciones con respecto a los contenidos y las relaciones que se presentan en los libros de texto escolares de ciencias acerca de cómo se construye el conocimiento científico y cómo trabaja la ciencia?

El principal aporte de este trabajo a la reflexión sobre los contenidos en los libros de texto está relacionada con la manera en que se asume qué es un libro de texto, un actor polifacético ampliamente conectado con la compleja red que representa la actividad científica. Esto permite entender las repercusiones que este hecho tiene en la manera

cómo están escritos; los relatos, contenidos y personajes que han sido seleccionados para protagonizar el discurso escolar en ellos plasmado, y la manera cómo se relaciona su relato de la ciencia con la ciencia de los científicos.

Los resultados obtenidos en esta investigación reflejan la necesidad de replantear algunos de los elementos sobre los que se ha construido el relato de la ciencia escolar, principalmente la manera cómo se entienden los científicos y lo que hacen, así como el papel de los experimentos y los descubrimientos. De otra lado han mostrado cómo el relato de la ciencia en los libros de texto gira alrededor de conceptos y no-humanos que hacen parte de redes no muy conectadas en las que muchos elementos que permiten describir la actividad científica han sido excluidos mientras que los científicos han sido enviados a la periferia.

Gracias al modelo de circulación de la ciencia acogido como base de este trabajo fue posible corroborar que los libros de texto, como parte fundamental de la ciencia escolar, son actores históricos que reflejan no sólo aspectos del relato historiográfico sino también de las creencias epistemológicas subyacentes en el discurso del conocimiento científico y de la manera cómo trabaja la ciencia, por lo que cualquier intención de transformación acerca de la manera cómo se presenta en la escuela el trabajo científico debe contemplar la revisión de la manera de cómo se escriben los libros de texto. Una labor nada sencilla como han señalado varios investigadores debido al papel que juegan no sólo las editoriales y los autores sino también el mercado educativo.

No obstante, los resultados de este trabajo analizados desde la mirada curricular, reflejan que un paso importante es que los estándares consideren la necesidad de llevar al aula no sólo los conceptos sino también la manera como se realiza la actividad científica, pero que éste no es suficiente dado que esta inclusión está siendo realizada a la par con la prevalencia de elementos que caracterizan un discurso empiricista/positivista lo cual genera una tensión a nivel discursivo. Por ello es relevante que los principales consumidores de los libros de texto, los profesores, sean formados en una consciente reflexión acerca de ciertos elementos que desde la sociología de la ciencia contemporánea, pueden ayudarles a entender y explicar ciertas relaciones entre la ciencia escolar y la ciencia de los científicos que, como se mencionó anteriormente, no han sido evidenciadas hasta ahora, dada la prelación que se ha dado a los aspectos normativos de la epistemología de la ciencia.

Así, además que proponer alternativas para los contenidos de los libros de texto, que era el sentido en el que se había planteado la pregunta inicial, los resultados han mos-

trado que es también pertinente formular algunas recomendaciones para la formación de profesores con el fin de que entiendan la complejidad de la ciencia y el rol que juega dentro de ella la ciencia escolar, así como los aspectos históricos y epistemológicos contenidos en los libros de texto que usan en el aula, de esto se hablará en el próximo capítulo.

