

1 Progresión de las ideas de los futuros maestros sobre la 2 construcción del conocimiento científico a través de 3 mapas generados en una secuencia de actividades

4 Isabel Escrivà-Colomar

5 Universidad de Sevilla. España. iesco@us.es

6 [Recibido en marzo de 2016, aceptado en julio de 2016]

7 Educadores e investigadores coinciden en que el profesorado debe poseer una adecuada comprensión de la
8 ciencia y de la naturaleza del conocimiento científico para facilitar una enseñanza de calidad de los contenidos
9 científicos, por lo que la formación inicial debe abordar este tema expresamente. En este artículo presentamos y
10 analizamos la puesta en marcha de una secuencia de actividades en una clase de maestros en formación que
11 permite observar, a través de mapas elaborados sucesivamente por los participantes, cómo progresan sus ideas
12 con respecto a una de las cuestiones de las que la naturaleza del conocimiento científico debe ocuparse: cómo se
13 construye el conocimiento científico. Los resultados muestran como la progresión de las ideas de los alumnos en
14 este dominio conlleva la superación de varios obstáculos que generan una imagen errónea de la ciencia, tales
15 como la idea empirista, individualista, inmediata, absolutista o procesual entre otras, favoreciendo la construcción
16 de ideas más próximas a las deseables.

17 **Palabras clave:** Naturaleza de la ciencia; Formación del profesorado; Didáctica de las ciencias; Progresión del conocimiento.

18 Progression of the ideas of preservice teachers on the construction of scientific knowledge through a 19 concept maps in a instructional secuence

20 Both, teachers and researchers, agree that in order to teach related content to science with high quality, is
21 necessary in advance have not only a proper understanding of science content, but of the nature of science too,
22 so the initial teacher training should address this issue explicitly. In this paper we present and analyze the
23 implementation of a teaching and learning sequence in a preservice teachers class, which it allows us to see,
24 through models produced successively by the participants, how progress the ideas regarding one of the questions
25 that the nature of scientific knowledge must deal: how this knowledge is constructed. It became evident the
26 overcoming of several obstacles that create a false image of science. The results show how the progression of
27 students' ideas in this domain entails overcoming several obstacles that create a wrong image of science, such as
28 the empiricist idea, individualistic, absolutist or others, favoring to build a set of ideas closer to the desirables.

29 **Keywords:** Nature of Science; Initial teacher education; Science education; Progression of knowledge.

Para citar este artículo: Escrivà-Colomar, I. (2017) Progresión de las ideas de los futuros maestros sobre la construcción del conocimiento científico a través de mapas generados en una secuencia de actividades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (1), 199-214. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/XXXXXX>

30 Por qué es importante la naturaleza de la ciencia en la formación del 31 profesorado

32 La naturaleza de la ciencia (NdC), o la naturaleza del conocimiento científico como algunos
33 autores sugieren que debería llamarse (Lederman, 2006), es el metaconocimiento sobre la
34 ciencia que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas por los expertos de historia,
35 sociología, filosofía, y por supuesto, de las distintas ciencias y la didáctica de las ciencias
36 (Acevedo-Díaz, 2010; García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011; Guisasola y Moretin,

37 2007). Sin embargo, todavía es difícil encontrar una posición consensuada acerca de a qué
38 debe atender este conocimiento.

39 Mientras que algunos autores defienden que la NdC solo debe tratar los aspectos
40 epistemológicos de esta, incidiendo en los valores y supuestos que subyacen al conocimiento
41 científico (Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Lederman, 1992; Tsai y Liu, 2005), otros
42 abogan por la inclusión de las facetas social y psicológica (aparte de la faceta epistemológica),
43 manteniendo una visión más amplia y tratando de resolver asuntos tales como qué vínculos
44 tiene la ciencia con la tecnología, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y
45 viceversa, o las aportaciones de este a la cultura y al progreso de la sociedad, entre otros (Abd-
46 El-Khalick, 2001; Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007a, 2007b; Vázquez, Acevedo
47 y Manassero, 2004).

48 La sociedad actual en la que nos movemos está totalmente impregnada de ciencia y tecnología,
49 lo que conlleva la necesidad inmediata de desarrollar una cultura científica al alcance de todos
50 los ciudadanos que asegure el entendimiento de los problemas socioeconómicos y culturales
51 relacionados con las ciencias, favoreciendo la participación y responsabilidad social, así como
52 la autonomía personal (Driver, Leach, Millar y Scott, 1996; Rocard *et al.*, 2007; Vázquez,
53 Acevedo y Manassero, 2005).

54 Para poder llevar a cabo esta alfabetización, se requiere asegurar en los ciudadanos, no solo la
55 comprensión “de” la ciencia, sino también la comprensión “acerca” de ésta, es decir, la
56 comprensión de la NdC. Es aquí donde la educación obligatoria cobra una gran relevancia, ya
57 que a través del currículum se puede y se debe tratar aspectos que, aparte de trabajar los
58 contenidos de ciencia, traten directamente la NdC, y donde se aborden directamente
59 problemáticas tales como qué es la ciencia, cuáles son sus objetivos o cómo se construye su
60 conocimiento, entre otros.

61 Según los expertos hay una serie de obstáculos asociados a la comprensión de la NdC,
62 también llamados creencias en negativo o visiones deformadas (Fernández *et al.*, 2002;
63 Vázquez y Manassero, 2012), que están impidiendo la correcta comprensión de determinados
64 aspectos de esta disciplina. Por ello desde distintos frentes se propone trabajar una serie de
65 rasgos específicos del conocimiento científico que ayuden a superar estas barreras. Ello
66 supone que los maestros deben comprenderlos perfectamente para, consecuentemente, poder
67 enseñarlos y ayudar al alumnado a superar sus visiones deformadas.

68 En la Tabla 1 presentamos los rasgos propios de la ciencia que facilitan la comprensión de la
69 NdC, y los obstáculos relacionados, según lo propuesto por diversos autores (Abd-El-Khalick
70 y Akerson, 2009; Fernández *et al.*, 2002; Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz, 2002;
71 Vázquez, Manassero, Acevedo y Acevedo, 2007).

72 Lamentablemente, varias investigaciones señalan que la mayoría del profesorado en activo
73 presenta una visión tradicional, positivista e idealista respecto a la NdC (Acevedo, Vázquez,
74 Manassero y Acevedo, 2002; García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011; Vildósola, 2009), y
75 esto supone un problema de base, puesto que las ideas que presente el profesorado acabarán
76 influyendo directamente en la manera de enseñar NdC y también en las concepciones del
77 alumnado (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia,
78 2002; Guisasola y Moretin, 2007; Lederman, 1992). Por ello debemos asumir que uno de los
79 requisitos indispensables para impulsar la adecuada construcción de una cultura científica al

80 alcance de toda la sociedad es la mejora de la propia formación del profesorado de ciencias en
81 la NdC (Rivero y Wamba, 2011).

82 **Tabla 1.** Rasgos del conocimiento científico y obstáculos asociados.

Rasgos del conocimiento científico	Obstáculos asociados
El conocimiento científico es empírico (basado y/o derivado de las observaciones del mundo natural)	-Tanto el conocimiento científico como otros tipos de conocimiento (lógico, filosófico...) se generan de la misma manera
El conocimiento científico implica la observación y la inferencia o deducción, y es necesario apreciar la distinción entre ambas	-El conocimiento científico surge directamente de la observación (visión empiro-inductivista)
El conocimiento científico es a la vez fiable y provisional. Es valioso y de larga duración, pero está sujeto a cambios	-La ciencia es infalible -La ciencia y sus métodos ofrecen pruebas absolutas -La evidencia acumulada cuidadosamente producirá conocimiento cierto
El conocimiento científico es subjetivo. Pese a que los científicos se esfuerzan por la objetividad, su trabajo está afectado por sus compromisos teóricos, su cultura, los valores de esta, e incluso por sus historias personales (cargado de teoría)	-Los científicos son especialmente objetivos -La validez del conocimiento científico reside en la precisión de su método. -La ciencia es un hecho descontextualizado
El conocimiento científico no se construye siguiendo un único método paso a paso mediante el cual se asegure su obtención	-Existe un único método científico general y universal
La producción del conocimiento científico comparte muchos factores comunes en forma de hábitos mentales, normas, pensamiento lógico y métodos, pero los experimentos no son la única vía para generarlo	-Los experimentos son el camino principal en la construcción del conocimiento científico
El conocimiento científico es una creación humana. Requiere de la creatividad y la imaginación para su desarrollo	-La ciencia es procesual más que creativa -Los modelos de la ciencia coinciden con la realidad
<i>La comunidad científica tiene una gran relevancia tanto en la construcción del conocimiento científico como en su aceptación</i>	-La ciencia es un empeño individual (concepción individualista) -La aceptación de los nuevos conocimientos científicos es inmediata
Ciencia y tecnología no son lo mismo, pero interaccionan entre sí, así como con la sociedad en la que se insertan	-La ciencia y la tecnología son lo mismo -La ciencia es socialmente neutra (visión descontextualizada)
La ciencia y sus métodos no pueden contestar todas las preguntas. En otras palabras, existen límites sobre los tipos de preguntas que se puede pedir que responda la ciencia	-La ciencia y sus métodos pueden resolver todos los problemas
Las leyes y las teorías son tipos distintos de conocimientos científicos, pero están relacionados entre sí.	-Las hipótesis se convierten en teorías, las cuales a su vez llegan a ser leyes y que tiene validez absoluta

83 *Los rasgos en cursiva no provienen de la revisión bibliográfica realizada, sino que han sido añadidos por las autoras de este artículo,
84 debido a su considerada relevancia en la enseñanza-aprendizaje de la NdC, fruto de su propia experiencia docente.

85

86 **Cómo debe enseñarse naturaleza de la ciencia en la formación del** 87 **profesorado**

88 Para intentar promover un aprendizaje de calidad en estos conocimientos, se recomienda llevar
89 a cabo programas de formación del profesorado que estén orientados específicamente hacia el
90 aprendizaje significativo de la NdC.

91 Para ello se deben tener en cuenta varias premisas: la primera es que debemos adoptar una
92 visión constructivista, procurando que los participantes sean “capaces de encontrarle sentido
93 al nuevo conocimiento al conectarlo con lo que ya saben, e integrarlo dentro de sus propios
94 esquemas cognitivos” (Ariza y Quesada, 2014, p.102); la segunda que debe asegurarse una
95 instrucción explícita y reflexiva sobre NdC, es decir, debemos tratar de manera intencional el
96 tema en cuestión (lo que implica la planificación educativa) y promover actividades de
97 metacognición razonadas, tales como actividades de exploración, análisis, discusión,
98 conclusión, argumentación etc. De no ser así, el proceso de enseñanza-aprendizaje resultará
99 poco eficaz (Acevedo-Díaz, 2010; Vázquez y Manassero, 2013).

100 Por otro lado, muchos son los autores que siguiendo el principio de la coherencia sugieren
101 aprender sobre ciencia haciendo ciencia, resaltando la pertinencia de utilizar una metodología
102 basada en la investigación. Entendemos en este caso por investigación “el desarrollo del
103 espíritu científico y el dominio de las operaciones intelectuales propias de la metodología
104 científica como instrumento base para lograr la progresiva estructuración de los aprendizajes
105 realizados tanto dentro como fuera del ámbito escolar” (Cañal, Lledó, Pozuelos y Travé, 1997,
106 p. 36). Una metodología como esta permite a nuestros alumnos (ya sean ciudadanos niños o
107 ciudadanos futuros maestros) profundizar en qué es ciencia a la vez de entender cómo se hace
108 ciencia (Couso, 2014).

109 **Contexto de la investigación**

110 Basándonos en este marco teórico y en los principios didácticos presentados, diseñamos una
111 secuencia de actividades cuyo objetivo era usarlas como estrategia de mediación pedagógica
112 que facilitase en los alumnos la progresión del aprendizaje y la comprensión de la NdC, al igual
113 que ya se ha procurado en otras investigaciones como la de Lederman, Lederman y Antink
114 (2013) o la de Allchin, Andersen y Nielsen (2014), pero tratando concretamente los rasgos
115 referentes a cómo se construye el conocimiento científico y la superación de los obstáculos
116 asociados a dichas concepciones.

117 Las tres últimas propuestas recogidas en la Tabla 1, están excluidas de este estudio ya que no
118 estaban referidas a la construcción del conocimiento científico en sí, sino a otras facetas
119 relacionadas con la diferenciación entre ciencia y tecnología, el absolutismo científico (la
120 ciencia puede llegar a todo), y la desigualdad en el tipo de conocimiento de leyes y teorías.

121 Este estudio se llevó a cabo durante el curso 2013/14 en la asignatura “Didáctica de las
122 ciencias experimentales”, adscrita al Departamento de Didáctica de las Ciencias
123 Experimentales y Sociales de la Universidad de Sevilla, de carácter obligatorio y con 9 créditos
124 de carga electiva, que se imparte en segundo curso del Grado de Maestro de Primaria,
125 concretamente con los cincuenta y siete alumnos de uno de los 9 grupos de la asignatura.
126 Éstos alumnos ya habían cursado con anterioridad la asignatura de “Fundamento de Ciencias

127 Naturales I” y “Fundamento de Ciencias Naturales II”, con 4,5 créditos cada una de ellas,
128 impartidas por profesores de Departamentos de las Facultades de Biología o Química.
129 Las clases se impartían los lunes y los miércoles en horario de mañana, siendo los lunes una
130 clase de dos horas, y los miércoles dos clases de una hora cada una ellas, desdoblándose el
131 grupo en este caso.

132 **Secuencia formativa**

133 Nuestra propuesta constaba de seis actividades distintas relacionadas con la NdC, presentando
134 cada una de ellas más conceptos implicados que la anterior, y siendo cada vez más genéricas.

135 Estas actividades se trabajaron inicialmente de manera individual o en pequeños grupos, para
136 finalizar, en todos los casos, debatiendo y llegando a un consenso entre toda la clase que se
137 materializaba en un modelo o mapa representativo acerca de cómo, según ellos, se construía el
138 conocimiento científico. Según Novak (1993), construir mapas es una actividad creativa, en la
139 que el estudiante debe aclarar significados y establecer relaciones entre ellos con el fin de
140 organizar y representar el conocimiento, lo que requiere relacionar información nueva con
141 conocimientos anteriores, y por lo tanto implica un alto nivel de aprendizaje significativo.

142 *Actividad 1.* El primer día de clase se propuso un cuestionario diseñado expresamente para esta
143 asignatura que trataba sobre el conocimiento científico donde, entre otras cuestiones,
144 encontrábamos la siguiente “¿Cómo crees que se produce el conocimiento científico?”. Los
145 alumnos debían responder a ella de manera anónima e individual.

146 En la siguiente sesión de clase, se pusieron en común y se discutieron sus impresiones hasta
147 llegar a un consenso.

148 *Actividad 2.* Posteriormente se realizó la actividad llamada “¿lana o metal?” (adaptada de Ariza
149 *et al.*, 2016) en la que los propios alumnos debían emitir sus hipótesis frente al problema:
150 ¿cómo crees que podemos conseguir que unas medicinas se mantengan lo más frías posibles
151 en el desierto? ¿envolviéndolas con lana? ¿metiéndolas en cazos de metal? ¿de otro modo?.
152 Tras esto debían diseñar un experimento que permitiese su contrastación, llevarlo a cabo,
153 elaborar sus conclusiones a partir de los resultados y comunicarlas al resto de la clase para
154 tratar de llegar a conclusiones más generales.

155 *Actividad 3.* Se trabajó la actividad llamada “tricky tracks” (adaptada de Lederman y Abd-El-
156 Khalick, 1998), en la que los alumnos tuvieron la oportunidad de reflexionar acerca de la
157 diferencia entre la observación directa y la inferencia.

158 En esta misma sesión se pusieron en común de nuevo sus ideas sobre construcción del
159 conocimiento científico y se compararon con el mapa elaborado tras la primera actividad,
160 reformulándolo.

161 *Actividad 4.* Se trabajó un texto que habla sobre un cirujano, el Dr. Semmelweis (adaptado de
162 Thorwald, 1958), donde se explica su investigación acerca de la fiebres puerperales. Tras ello
163 se les dio de nuevo la oportunidad de discutir en grupo sus ideas al respecto y reestructurar el
164 modelo anterior de nuevo por consenso.

165 *Actividad 5.* Posteriormente se trabajó con otro documento que trataba de manera más general
166 y teórica las características de la ciencia (texto adaptado de Rivero y Wamba, 2011), tras la que
167 de nuevo se hizo una puesta en común y una nueva comparación con las ideas discutidas
168 previamente, reformulándolas.

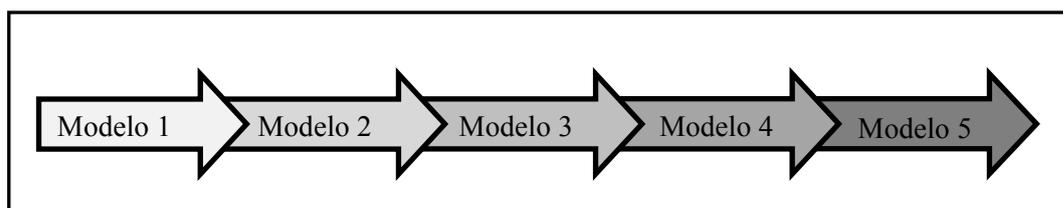
169 *Actividad 6.* La última actividad se trabajó transversalmente durante 5 sesiones (algunas no
170 completas y no todas seguidas). En ella se trabajó con las cajas oscuras (Solís-Espallargas,
171 Escrivá-Colomar y Rivero-García, 2015), cajas selladas que poseían externamente pequeñas
172 perforaciones y ventanas cubiertas, y que además contaban con varios elementos internos que
173 sobresalen al exterior tales como una cadena o un tornillo; a parte de esto también tenían
174 varios elementos internos no visibles pero que en algunos casos podían ser descubiertos a
175 través de la manipulación, como por ejemplo una esponja o un ambientador.

176 A través de esta actividad los alumnos debían actuar como “investigadores” tratando de
177 averiguar qué había dentro de las cajas (primero sin instrumentos de apoyo y después con
178 ellos), para acabar exponiendo y discutiendo sus conclusiones al respecto en una performance
179 a modo de congreso, momento en que se clausuró esta actividad y se debatió de nuevo acerca
180 de las características de la construcción del conocimiento científico, dando lugar a la
181 elaboración conjunta de un último mapa.

182 Instrumento de análisis

183 Nuestros instrumentos de análisis fueron los mapas o modelos confeccionados entre todos los
184 participantes bajo consenso (tras cada puesta en común realizada), al finalizar las distintas
185 actividades, lo que nos permitía hacer evidentes las estructuras cognitivas de los estudiantes.
186 Además estos modelos no se diseñaban de nuevo cada vez, si no que se recuperaba el
187 inmediatamente anterior y a partir de este, se añadía, se eliminaba o se modificaba aquello que
188 se decidía entre todos, exceptuando el primer mapa, del que no poseíamos un mapa previo, lo
189 que nos permitía visualizar de forma clara y precisa la evolución en los aprendizajes de los
190 futuros maestros.

191 De esta manera conseguimos trabajar en todo momento con las ideas que los participantes
192 habían mostrado antes de realizar las actividades y someterse a un proceso formativo
193 determinado, ayudándoles a integrar sus nuevas concepciones en su sistema de conocimientos
194 ya organizados. Así pues el segundo modelo surgió de la modificación del primero, el tercero
195 de la modificación del segundo y así sucesivamente siendo cada vez más complejos (Figura 1).



196
197

Figura 1. Secuencia de sucesión en la construcción de los distintos modelos.

198 Además, cabe señalar que el profesor mantenía una posición facilitadora y reguladora del
199 dialogo al tiempo que tomaba nota de algunas aportaciones del alumnado en su diario, pero
200 éste no intervenía en la discusión ofreciendo información adicional sino eran los alumnos
201 quienes proponían los cambios en caso que considerasen oportuno hacerlo.

202

203

204 **Resultados y discusión**

205 A la hora de interpretar los resultados lo primero que se hizo fue decidir qué criterios iban a
 206 considerarse, asumiendo finalmente las orientaciones propuestas anteriormente en otros
 207 trabajos (Costamagna, 2001; Crisol, Barrero e Hinojosa, 2011; Gallego, Crisol y Gámiz, 2013):

- 208 -Cantidad de conceptos
- 209 -Calidad de conceptos
- 210 -Interrelaciones entre conceptos
- 211 -Jerarquización entre conceptos

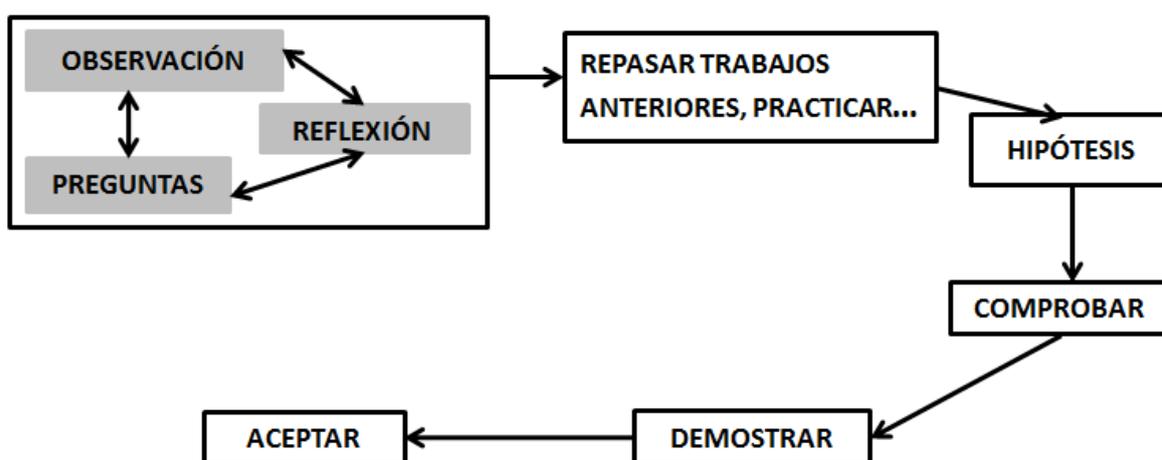
212 Seguidamente, y con el fin de ofrecer validez a este análisis se contó con un grupo de expertos
 213 conformado por cuatro profesores del Departamento de Didáctica de las Ciencias
 214 Experimentales y Sociales de la Universidad de Sevilla, con los que se creó un grupo de
 215 discusión en el que se revisó la clasificación de cada uno de los cambios detectados,
 216 obteniendo un grado de acuerdo en la interpretación de los mapas mayor al 95%.

217 El primer modelo que presentamos (Figura 2) fue elaborado tras poner en común las distintas
 218 respuestas dadas individualmente en el cuestionario utilizado en la primera actividad,
 219 fundamentalmente a la pregunta ¿Cómo crees que se produce el conocimiento científico?

220 Este mapa representa las ideas que traían los futuros maestros antes de empezar a trabajar con
 221 la NdC, ya que en este momento aún no habían trabajado en clase ninguno de sus aspectos.

222 Tal como podemos ver, ya tenían asumido que la construcción del conocimiento científico es
 223 empírica puesto que nombran las observaciones como punto de partida del modelos, y por lo
 224 tanto se sobreentiende que ya habían superado anteriormente el obstáculo que supone no
 225 tener en cuenta que la construcción del conocimiento científico no es igual a la de otro tipo de
 226 conocimientos. Pensamos que esto es así debido a su formación anterior, y además a que los
 227 propios medios de comunicación (Campario, Moya y Otero, 2001), e incluso también algunos
 228 libros de texto así lo transmiten (Stinner, 1992), aunque conformando a menudo a nivel social
 229 una imagen altamente empirista de la ciencia, tal como indican Fernández *et al.* (2002).

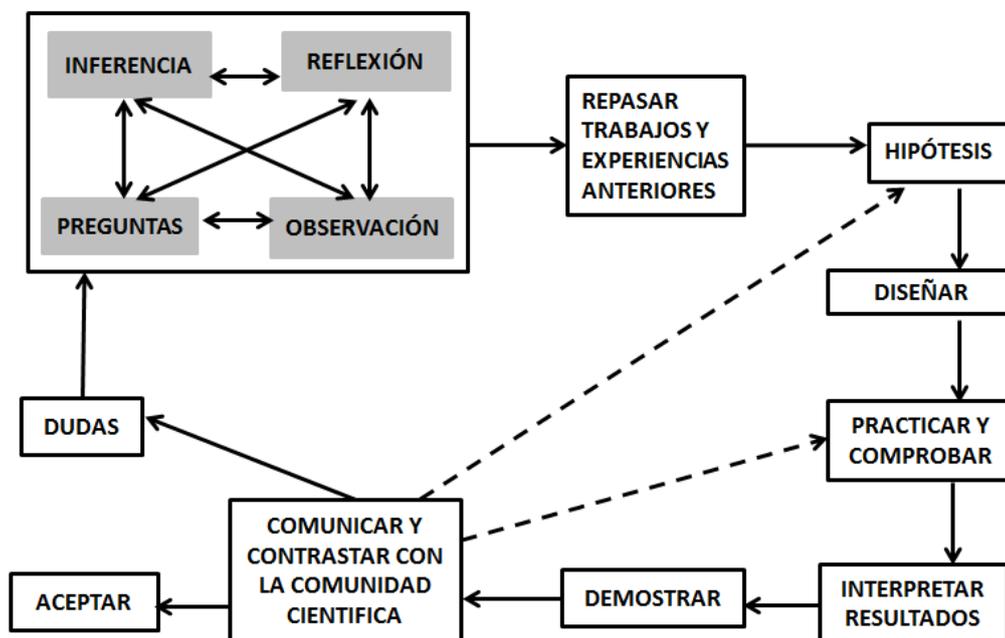
230



231
 232

Figura 2. Primer modelo de construcción del conocimiento científico.

233 El segundo modelo que se recogió (Figura 3), lo diseñaron los alumnos tras trabajar en clase
 234 con la segunda y la tercera actividad, “¿lana o metal?” y “tricky tracks”.
 235



236
 237
 238

Figura 3. Segundo modelo de construcción del conocimiento científico.

239 En él pueden verse mejoras con respecto al primer modelo tanto en lo referente a la cantidad
 240 de conceptos como en las interrelaciones existentes entre ellos.

241 Se ha avanzado en la idea referente a que el conocimiento científico implica no sólo la
 242 observación puesto que también se ha incluido el concepto de inferencia, tratándose ambos
 243 como hechos distintos y por lo tanto se deja atrás la creencia en negativo que implica que el
 244 conocimiento científico surge únicamente de la observación directa de los hechos naturales.

245 Además, aparece el concepto de comunidad científica, dándole importancia a esta en la
 246 comunicación y el contraste de resultados, lo que indica la superación de la idea de que la
 247 ciencia es un empeño individual, así como que la aceptación de los nuevos conocimientos
 248 científicos es directa e inmediata, tal como y cuando se proponen por los investigadores.

249 Por último, en lo que respecta al aumento de las interrelaciones entre conceptos, vemos como
 250 el primer modelo que era básicamente lineal va transformándose y van apareciendo otros
 251 nexos que sugieren que no existe un único método por el cual se asegura la obtención del
 252 conocimiento científico.

253 Cabe destacar que no aparece ningún tipo de jerarquización, puesto que el modelo
 254 representado por los alumnos conforma un ciclo con un único nivel de formulación.

255 El tercer mapa (Figura 4) surgió tras la cuarta actividad, en la que se trabajó el texto de
 256 Semmelweis.

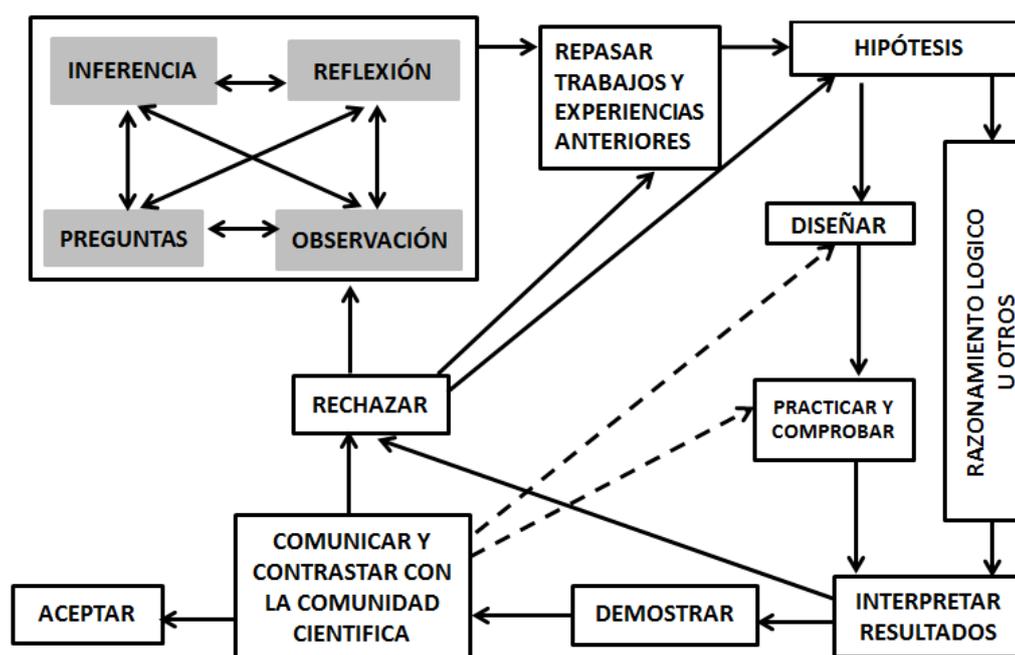


Figura 4. Tercer modelo de construcción del conocimiento científico.

257
258

259 De nuevo aquí, en la comparación con el segundo mapa, podemos ver cómo aparecen otra vez
260 progresos que implican un aumento en la cantidad de conceptos implicados y un mayor
261 número de vínculos entre estos.

262 Se materializa el hecho de que para hacer ciencia no sólo, o no siempre, hay que hacer
263 experimentos (diseñar, practicar y comprobar), puesto que aparecen nuevos conceptos
264 relacionados con otras maneras de proceder en la construcción del conocimiento científico
265 tales como el razonamiento lógico, y se supera con ello el obstáculo de creer que los
266 experimentos son la única manera de llegar de construir conocimiento científico.

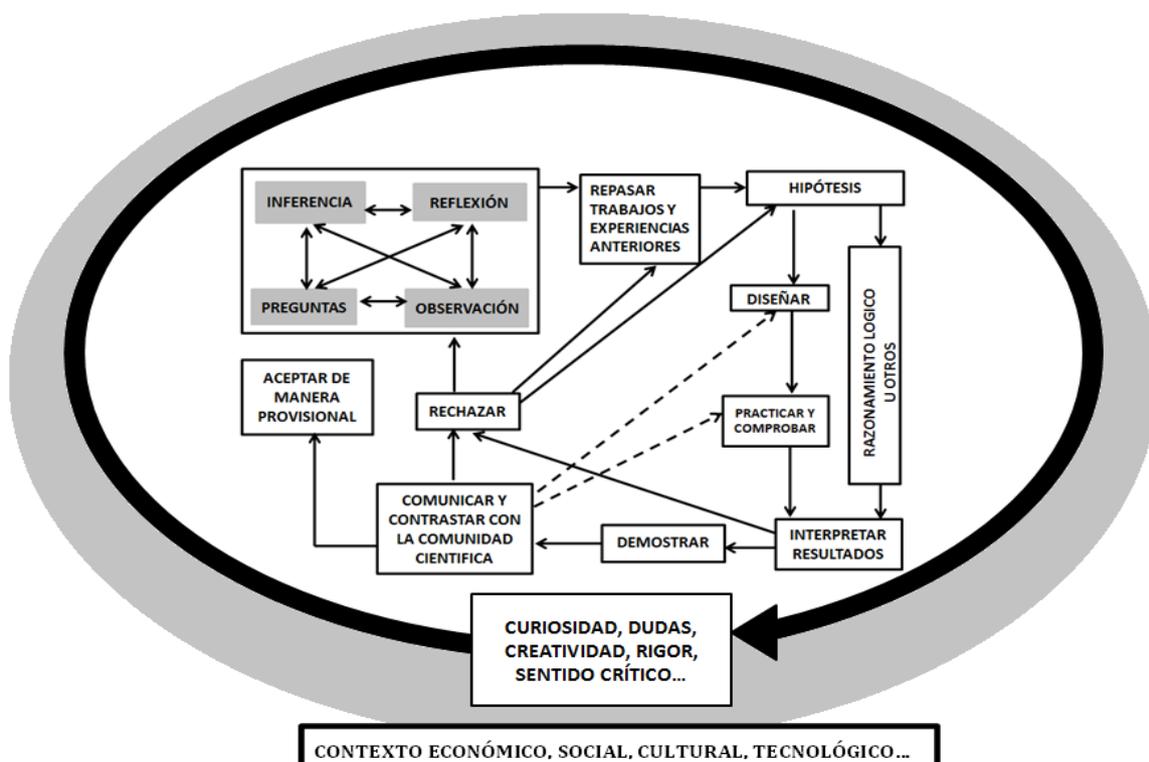
267 Además, con las nuevas interacciones que aparecen se refuerza y se amplía la idea de que no
268 existe un único modelo de construcción del conocimiento científico, puesto que reducen aún
269 más el carácter lineal del mapa. Con ello podemos decir que se sigue avanzando en la
270 superación de la idea que considera la construcción del conocimiento científico a través de un
271 “método” rígido.

272 Tras la quinta actividad, el texto que trabajaba en las características de la ciencia, se reformuló
273 de nuevo el cuarto modelo de construcción de conocimiento científico, obteniéndose un
274 nuevo esquema, el cuarto modelo (Figura 5), donde aparecen cambios de calidad en los
275 conceptos y un nuevo nivel de jerarquización que implica a su vez un aumento en la cantidad
276 de los conceptos implicados en el mapa.

277 Deja de considerarse el conocimiento científico como una verdad inamovible ya que aparece
278 un cambio en la nomenclatura de un concepto que así lo indica. Se pasa de afirmar que el
279 conocimiento científico se “acepta” rotundamente a reconocer que este se “acepta de manera
280 provisional”, haciéndose patente pues el carácter temporal del conocimiento científico.
281 Superamos con esto la idea de que la ciencia es infalible y posee el conocimiento absoluto y
282 completamente certero de los hechos que estudia.

283 Además aparece un nuevo nivel de formulación, ya que se contextualiza la ciencia como un
284 proceso propio de las personas y el conocimiento científico como una creación humana,

307 A modo de síntesis podemos ver en la Tabla 2 todos los cambios efectuados en los mapas en
 308 cada momento, y sus implicaciones en el reconocimiento de los distintos rasgos del
 309 conocimiento científico y sus obstáculos asociados.



310
 311
 312

figura 6. Quinto esquema del modelo de construcción del conocimiento científico.

F

313 Conclusiones

314 En el mundo actual, complejo, problemático y altamente tecnificado, la ciencia no puede ser
 315 entendida ya como un asunto que solo compete a especialistas en la materia, sino que debe
 316 formar parte de la cultura básica de todas las personas. Una enseñanza de las ciencias adecuada
 317 a esta finalidad, precisa de una formación del profesorado que atienda al conocimiento de la
 318 ciencia y sobre la ciencia. Por tanto, la comprensión de la naturaleza de la ciencia y de la
 319 actividad científica es una componente esencial en la formación del profesorado de ciencias de
 320 todos los niveles educativos (Acevedo, 2010)

321 En esta formación es preciso tener en cuenta que los futuros maestros no acceden a nuestros
 322 cursos con la mente en blanco, sino que suelen poseer una visión deformada tanto de la
 323 ciencia como de la actividad científica. En efecto, los participantes de nuestro estudio
 324 compartían bastantes de los rasgos y obstáculos señalados por otros estudios: visión empiro-
 325 inductivista de la ciencia, visión rígida, individualista y descontextualizada de la actividad
 326 científica, perspectiva absolutista del conocimiento científico, etc. (Fernández *et al*, 2002).

327 Cambiar sus ideas y ayudar a los futuros maestros a superar los obstáculos que suelen
 328 presentar, no es tarea fácil. Algunos autores señalan que desarrollar investigaciones científicas,
 329 participar en actividades de modelización científica, realizar análisis de controversias científicas
 330 o aprender sobre filosofía e historia de la ciencia, contribuyen de manera importante a este

331 objetivo (García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011). En nuestra propuesta formativa
 332 hemos tenido en cuenta estas aportaciones, proponiendo actividades en las que están presente
 333 en gran medida estas sugerencias: desarrollar una investigación (Actividad 2), analizar
 334 controversias (Actividad 3 y 4), analizar información relacionada con filosofía e historia de la
 335 ciencia (Actividad 5), o modelizar (Actividad 6).

336 **Tabla 2.** Resumen de los cambios detectados en los distintos modelos y sus implicaciones.

Modelo	Tipo de cambio	Rasgos del conocimiento científico incluidos	Obstáculos asociados
Modelo 1		El conocimiento científico es empírico (basado y/o derivado de las observaciones del mundo natural)	-Tanto el conocimiento científico como otros tipos de conocimiento (lógico, filosófico...) se generan de la misma manera
Modelo 2	Se añade el concepto "inferencia" (aumenta la cantidad de conceptos)	El conocimiento científico implica la observación, la inferencia y la deducción, y es necesario apreciar la distinción entre ellas.	-El conocimiento científico surge directamente de la observación (visión empiro-inductivista)
	Se añade el concepto "comunicar y contrastar con la comunidad científica" (aumenta la cantidad de conceptos)	La comunidad científica tiene una gran relevancia tanto en la construcción del conocimiento científico como en su aceptación	-La ciencia es un empeño individual (concepción individualista) -La aceptación de los nuevos conocimientos científicos es inmediata
Modelos 2 y 3	Se establecen nuevos vínculos (aumentan las interrelaciones entre distintos conceptos)	El conocimiento científico no se construye siguiendo un único método paso a paso mediante el cual se asegure su obtención	-Existe un único método científico general y universal
Modelo 3	Se añade el concepto "razonamiento lógico u otros" y se establecen nuevos vínculos (aumenta la cantidad de conceptos y las interrelaciones)	La producción del conocimiento científico comparte muchos factores comunes en forma de hábitos mentales, normas, pensamiento lógico y métodos, pero los experimentos no son la única vía para generarlo	-Los experimentos son el camino principal en la construcción del conocimiento científico
Modelo 4	Se modifica el concepto "aceptar" (aumenta la calidad de conceptos)	El conocimiento científico es a la vez fiable y provisional. Es valioso y de larga duración, pero está sujeto a cambios	-La ciencia es infalible -La ciencia y sus métodos ofrecen pruebas absolutas -La evidencia acumulada cuidadosamente producirá conocimiento cierto
	Aparecen nuevos niveles de organización (se reformula la jerarquización entre conceptos)	El conocimiento científico es una creación humana. Requiere de la creatividad y la imaginación para su desarrollo	-La ciencia es procesual más que creativa -Los modelos de la ciencia coinciden con la realidad
Modelo 4 y 5	Aparecen nuevos niveles de organización (se reformula la jerarquización entre conceptos)	El conocimiento científico es subjetivo. Pese a que los científicos se esfuerzan por la objetividad, su trabajo está afectado por sus compromisos teóricos, su cultura, los valores de esta, e incluso por sus historias personales (cargado de teoría)	-Los científicos son especialmente objetivos -La validez del conocimiento científico reside en la precisión de su método.
Modelo 5	Aparecen nuevos niveles de organización (se reformula la jerarquización entre conceptos)	<i>Ciencia y tecnología no son lo mismo, pero interactúan entre sí, así como con la sociedad en la que se insertan</i>	<i>-La ciencia y la tecnología son lo mismo -La ciencia es socialmente neutra (visión descontextualizada)</i>

337 *El rasgo y los obstáculos asociados que aparecen en cursiva, no han sido trabajados explícitamente en esta secuencia de actividades.

338 En el desarrollo de las actividades, es imprescindible fomentar la reflexión y la metacognición
339 (Abd-El-Khalick y Akerson, 2009), aspecto que hemos cuidado especialmente en los debates
340 realizados sobre lo aprendido en cada actividad y en la elaboración y reelaboración de los
341 mapas que sintetizaban las ideas de la clase sobre cómo se construye el conocimiento
342 científico.

343 En nuestro estudio, los mapas que hemos ido encontrándonos a medida que avanzábamos con
344 las actividades incluían cada vez una mayor cantidad y calidad de conceptos implicados.
345 Además las interrelaciones entre ellos aumentaban, y se establecían nuevos niveles de
346 jerarquización. Así pues, parece que la propuesta de actividades que hemos presentado ha
347 favorecido que este grupo de futuros maestros reconozca ocho de los rasgos o características
348 propias de la construcción del conocimiento científico y supere en cierto grado numerosos
349 obstáculos (ver Tabla 2), acercándose así su conocimiento sobre NdC hacia el establecido por
350 los expertos como deseable. Ésto nos hace reconocer la pertinencia y valor de esta secuencia
351 de actividades, y tenerla en cuenta de cara a posibles transposiciones en otros contextos
352 formativos tales como la formación permanente del profesorado, donde, desde luego, la NdC
353 sigue teniendo el mismo valor que en la formación inicial.

354 Pero no podemos olvidar que aprender sobre naturaleza de la ciencia es imprescindible pero
355 no suficiente para enseñar ciencias de manera coherente con los postulados actuales de la
356 investigación en Didáctica de las Ciencias. Estudios como el que hemos realizado constituyen
357 una pequeña aportación, pero es necesario seguir trabajando en la formación del profesorado,
358 analizando, mejorando y ampliando las propuestas encaminadas a trabajar la comprensión del
359 profesorado sobre la NdC, así como la enseñanza de las ciencias y sobre las ciencias que
360 proponen para los alumnos de Primaria.

361 Además consideramos muy interesante de cara a próximas investigaciones poder analizar hasta
362 qué punto propuestas de este tipo también ayudan a mejorar la competencia científica en los
363 futuros maestros, yendo más allá del mero saber declarativo.

364 **Agradecimientos**

365 Este artículo es parte del Proyecto I+D+i “La progresión del conocimiento didáctico de los futuros maestros en
366 un curso basado en la investigación y en la interacción con una enseñanza innovadora de las ciencias”, financiado
367 por el Ministerio de Ciencia e Innovación (hoy de Economía y Competitividad).

368 **Referencias bibliográficas**

- 369 Abd-El-Khalick F. (2001). Embedding Nature of Science Instruction in Preservice
370 Elementary Science Courses: Abandoning Scienticism, But... *Journal of Science Teacher*
371 *Education*, 12(3), 215-233.
- 372 Abd-El-Khalick F., Akerson V. (2009). The Influence of Metacognitive Training on Preservice
373 Elementary Teachers' Conceptions of Nature of Science. *International Journal of Science*
374 *Education*, 31, 2161–2184.
- 375 Abd-El-Khalick F., Bell R. L., Lederman N. G. (1998). The nature of science and
376 instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417-436.
- 377 Abd-El-Khalick F., Lederman N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of the
378 nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science*
379 *Education*, 22, 665-701.

- 380 Acevedo-Díaz J. A. (2010). Formación del profesorado de Ciencias y enseñanza de la
381 Naturaleza de la Ciencia. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación de Las Ciencias*,
382 7(3), 653–660.
- 383 Acevedo J. A., Vázquez A., Manassero M. A., Acevedo, P. (2002). Persistencia de las actitudes
384 y creencias CTS en la profesión docente. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*,
385 1(1), 1-27. Recuperado de: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- 386 Acevedo J. A., Vázquez A., Manassero A., Acevedo P. (2007a). Consensos sobre la naturaleza
387 de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre*
388 *Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 42–66.
- 389 Acevedo J.A. Vázquez, A. Manassero A., Acevedo P. (2007b). Consensos sobre la naturaleza
390 de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las*
391 *Ciencias*, 4(2), 202–225.
- 392 Allchin, D., Andersen, H. M., & Nielsen, K. (2014). Complementary approaches to teaching
393 nature of science: integrating student inquiry, historical cases, and contemporary cases
394 in classroom practice. *Science Education*, 98(3), 461-486.
- 395 Ariza, M. R., Aguirre, D., Quesada, A., Ana, M. y García, F. J. (2016). ¿ Lana o metal ? Una
396 propuesta de aprendizaje por indagación para el estudio de las propiedades térmicas de
397 materiales comunes, 15, 296-310.
- 398 Ariza M. R., Quesada A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias.
399 *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(1), 101-115.
- 400 Campanario J., Moya A., Otero J. C. (2001). Invocaciones y usos inadecuados de la ciencia en
401 la publicidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 45- 56.
- 402 Cañal, P. Lledó A. Pozuelos F.J., Travé G., (1997). *Investigar en la escuela: elementos para una*
403 *enseñanza alternativa*. Sevilla: Díada Editora S.L.
- 404 Costamagna A. (2001). Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para
405 evaluar la evolución del conocimiento de alumnos universitarios. *Enseñanza de las*
406 *ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 19, 309-318.
- 407 Couso D. (2014). *De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión*
408 *crítica*. Comunicación presentada en el 26 Encuentros en Didáctica de las Ciencias
409 Experimentales: Huelva, España.
- 410 Crisol Moya E., Barrero B., Hinojosa, E. F. (2011). El fomento del trabajo colaborativo a
411 través de la tutoría universitaria. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 20, 169-
412 182.
- 413 Driver R., Leach J., Millar R., Scott P. (1996). *Young people’s images of science*. Buckingham, UK:
414 Open University Press.
- 415 Fernández I., Gil D., Carrascosa J., Cachapuz A., Praia J. (2002). Visiones deformadas de la
416 ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y*
417 *experiencias didácticas*, 20(3), 477-488.

- 418 Gallego J., Crisol E., Gamiz V. (2013). El mapa conceptual como estrategia de aprendizaje y de
419 evaluación en la universidad. Su influencia en el rendimiento de los estudiantes.
420 *Enseñanza and teaching*, 31, 145-165.
- 421 García-Carmona A., Vázquez A., Manassero M. A. (2011). Estado actual y perspectivas de la
422 Enseñanza de la naturaleza de la Ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del
423 profesorado. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 29(3),
424 403–412.
- 425 Guisasola J., Moretin M. (2007). ¿Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros
426 y maestras de Educación Primaria? *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 6(2),
427 246–262.
- 428 Lederman N. G. (1992). Students and teachers conceptions of the nature of science: A review
429 of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.
- 430 Lederman N. G. (2006). Research on nature of science: reflections on the past, anticipations
431 of the future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1). Recuperado de:
432 <http://www.ied.edu.hk/apfslt/>.
- 433 Lederman N.G., Abd-El-Khalick F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that
434 promote understandings of the nature of science. En McComas, W. (Ed.), *The nature of*
435 *science in science education: Rationales and strategies* (pp. 83–126). Dordrecht, The
436 Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- 437 Lederman N. G., Abd-El-Khalick F., Bell R. L., Schwartz R. (2002). Views of Nature of
438 Science questionnaire: towards valid and meaningful assessment of learners'
439 conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- 440 Lederman, N. G., Lederman, J. S., & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific
441 inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy.
442 *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 138-147,
- 443 Novak J. D. (1993). Human Constructivism: A Unification of Psychological and
444 Epistemological Phenomena in Meaning Making. *International Journal of Personal*
445 *Construct Psychology*, 6, 167-193.
- 446 Rivero A., Wamba A.M. (2011). Naturaleza de la ciencia y construcción del conocimiento
447 científico. En Cañal, P. (Coord.), *Biología y Geología. Complementos de formación disciplinar*,
448 (pp. 9-26). Barcelona: Graó.
- 449 Rocard M, Csermely P, Jorde D, Lenzen D, Walberg-Henriksson H, Hemmo V. (2007).
450 Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. Bruselas.
451 Recuperado de:
452 [http://ec.europa.eu/research/sciencociety/document_library/pdf_06/report-](http://ec.europa.eu/research/sciencociety/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf)
453 [rocard-on-science-education_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/sciencociety/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf) (Versión en castellano. Informe Rocard.
454 Alambique (2008), 55, 104-120).
- 455 Solís-Espallargas, C., Escrivá-Colomar, I. y Rivero-García, A. (2015). Una experiencia de
456 aprendizaje por investigación con Cajas negras en formación inicial de maestros.
457 *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 167-177. Recuperado:
458 <http://hdl.handle.net/10498/16930>
- 459 Stinner A. (1992). Science textbooks and science teaching: from logic to evidence. *Science*
460 *Education*, 76 (1), 1-16.

- 461 Thorwald J. (1958). *El siglo de los cirujanos*. Barcelona: Destino
- 462 Vázquez-Alonso Á., Manassero-Mas M.-A. (2013). La comprensión de un aspecto de la
463 naturaleza de ciencia y tecnología: Una experiencia innovadora para profesores en
464 formación inicial. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 630–648.
465 Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/15618>
- 466 Vázquez A., Manassero A. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la
467 ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación
468 didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 2–31.
469 Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/14621>
- 470 Vázquez A., Manassero M. A., Acevedo J. A., Acevedo P. (2007). Consensos sobre la
471 naturaleza de la ciencia: la comunidad tecnocientífica. *Revista Electrónica de Enseñanza de*
472 *las Ciencias*, 6(2), 331-363. Recuperado de: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- 473 Tsai C-C., Liu S-Y. (2005). Developing a multi-dimensional instrument for assessing students'
474 epistemological views toward science. *International Journal of Science Education*, 27(13),
475 1621-1638.
- 476 Vázquez A., Acevedo J. A., Manassero M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la
477 ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*,
478 edición electrónica. Recuperado de:
479 <http://www.rioei.org/deloslectores/702Vazquez.PDF>.
- 480 Vázquez A., Acevedo J.A., Manassero M.A. (2005). Más allá de una enseñanza de las ciencias
481 para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de*
482 *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2). Recuperado de: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- 483 Vildósola X. (2009). *Las actitudes de profesores y estudiantes, y la influencia de factores de aula en la*
484 *transmisión de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza secundaria*. Tesis de doctorado.
485 Universidad de Barcelona, Facultad de Formación del Profesorado, Departamento de
486 Didáctica de las Ciencias Experimentales y la Matemática.
- 487