

Aprendizaje basado en proyectos, trabajos prácticos y controversias

28 propuestas y reflexiones para enseñar Ciencias

*XXXVI Premio
Marta Mata
de Pedagogía 2018*

COLECCIÓN

R O S^A
S E N
S A T

24

Jordi Domènech Casal

**Aprendizaje basado
en proyectos, trabajos
prácticos y controversias**

**28 propuestas y reflexiones
para enseñar Ciencias**

OCTAEDRO - ROSA SENSAT

Colección ROSA SENSAT, núm. 24

Título original: *Aprenentatge basat en projectes, treballs pràctics i controvèrsies. 28 propostes i reflexions per ensenyar Ciències* (Associació de Mestres Rosa Sensat, 2018)

Traducción al castellano: Jordi Domènech Casal

Primera edición: octubre de 2019

© Jordi Domènech Casal

© De esta edición:

Ediciones OCTAEDRO
Bailén, 5 - 08010 Barcelona
Tel.: 93 246 40 02
www.octaedro.com - octaedro@octaedro.com

Associació de Mestres Rosa Sensat
Avda. Drassanes, 3 - 08001 Barcelona
Tel.: 93 481 73 73 - Fax: 93 301 75 50
www.rosasensat.org - publicacions@rosasensat.org

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

ISBN: 978-84-17667-84-9
Depósito legal: B 26064-2019

Diseño y producción: Ediciones Octaedro
Ilustraciones y fotografías: Jordi Domènech Casal

Impresión: Masquelibros

Impreso en España - *Printed in Spain*

*A una alumna que una vez me dijo: «Ahora me siento lista»,
y, sobre todo, a quienes todavía no lo han dicho.*

Sumario

Introducción	9
1. De qué hablamos cuando hablamos de competencia científica	15
2. Enseñar a investigar. Indagación y trabajos prácticos	23
3. Enseñar a pensar. Habilidades de razonamiento científico	45
4. Aprender ciencia usando ciencia. Aprendizaje basado en proyectos	61
5. El método de estudio de caso dirigido. Aprendizaje basado en problemas	87
6. Comprender, decidir y actuar. <i>Scitizenship</i> y controversias sociocientíficas	107
7. Ciencia en un mundo incierto. Naturaleza de la ciencia y las pseudociencias	129
Epílogo	149

Introducción

*El físico Leo Szilard anunció una vez a su amigo, Hans Bethe, que estaba pensando en escribir un diario: «No me propongo publicarlo. Me limitaré a registrar los hechos para que Dios se informe». «¿Tú crees que Dios no conoce los hechos?», preguntó Bethe. «Sí –dijo Szilard–. Él conoce los hechos, pero no conoce **esta versión** de los hechos».*

HANS CHRISTIAN VON BAEYER, *Taming the atom*

Empecé como profesor de Ciencias en Secundaria hace ahora diez años. Llegué de rebote del mundo de la investigación universitaria, buscando estabilidad y un oficio apacible que no me ocupara mucho tiempo. Vivía con la idea inocente de que, como sabía explicar y usar razonablemente analogías y metáforas, esto se me iba a dar bien. Pronto todas esas concepciones sobre el oficio se revelaron equivocadas.

Me compré unos zapatos a los que yo llamaba «mis zapatos de profe», e hice lo posible por asimilarme. Estaba en boga el tema de «conceptos, procedimientos, actitudes». A primera vista, uno podía pensar que, al enseñar Ciencias, eso se refería a conceptos científicos, procedimientos científicos y actitudes científicas (lo cual tampoco hubiera sido tan terrible). Pero resultó que, en la práctica, «conceptos» se refería a la capacidad de memorizar y regurgitar en un examen; «procedimientos», a la habilidad de elaborar dossieres correctamente grapados y «actitudes», a la disposición a estar callado y, básicamente, no liarla en clase. Así que con ese equipamiento pedagógico empezó la cosa. Con esto, y con una gestión de aula nefasta que incluía alumnos gritando y tirándose por el suelo y yo también gritando y consiguiendo a duras penas no tirarme también por el suelo (al fin y al cabo, eres el profesor, me dije). Mirándolo fríamente, este planteamiento inicial tenía algo bueno: solo podía ir a mejor.

Cuando después de seis meses dejé de dramatizar, conseguí establecer una relación cordial con mis alumnos y alumnas. A los «no profes» se lo explico con la metáfora del aprendizaje en conducción. Al principio tienes que pensar en tantas cosas (embrague, intermitente, marcha, mirar, embrague, mirar..., respirar) que conduces de forma rígida y antinatural, y las probabilidades de que provoques accidentes son altas. Con el tiempo, vas relajando el gesto (que no la atención) y puedes, incluso, empezar a planear adónde quieres ir. Así que, en cuanto conseguí relajar el gesto y que estuviéramos a gusto en clase, me lancé a intentar superar el tiovivo de «teoría-problema-examen» (que ya estaba mostrando su inutilidad) y acercar a mis alumnos a la ciencia. Lo mejor que se me ocurrió fueron las prácticas de laboratorio, obsesionado por que los alumnos «tocaran» los fenómenos. Tardé un poco en darme cuenta de que esas prácticas tenían poco que ver con la ciencia y mucho con jugar a cocinillas, así que empecé a intentar que se parecieran más a la ciencia real, a la investigación. Allí empezaron muchas cosas. Vi que debía atender aspectos lingüísticos si quería que mis alumnos pensaran, que casi todo pierde su valor si no se discute sobre ello, «más interesante» no significa «más fácil».

También a mí me arrastró el tsunami TIC. Y, cuando la resaca amainó, en la orilla encontré un tipo de actividades, las *webquests*. Proponían retos complejos para aprender de forma instrumental. Caray, eso fue emocionante. Era la primera vez que veía algo que plasmará el discurso de las competencias de una forma reconocible en el aula (sí, mientras tanto habían llegado las competencias básicas).

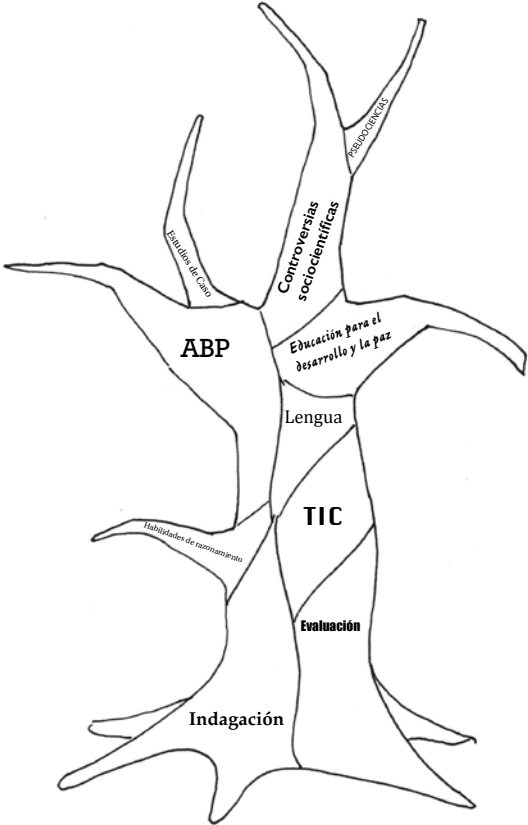
Seguí probando elementos de indagación, enamorado de la idea empoderadora de que el profesor o la profesora no explicara y solo guiara la construcción de conocimiento por parte del alumno/a. Al cabo de un tiempo, algo frustrado por la dificultad que encontraba en desplegar ideas o conceptos complejos, empecé a combinar perspectivas de indagación con enfoques de *webquests* en las actividades. Un día me pidieron que diera una charla sobre ABP (aprendizaje basado en Pproyectos). Resulta que lo que estaba intentando llevar a cabo se llamaba así; por lo que investigué un poco sobre ello. Y eso me llevó a nuevas maneras de «mirar» las metodologías didácticas y a construir la clasificación de metodologías que propongo en el capítulo 4. Y de momento, me sirven para orientarme.

Más adelante, en el vestuario del polideportivo municipal encontré a un exalumno mío hinchándose a suplementos y productos

farmacéuticos para la musculación. Para quienes no lo sepáis, eso suele conllevar problemas graves, especialmente en cuerpos en desarrollo. Yo había dado en clase la pirámide nutritiva, hormonas y todo el rollo. Y por eso empecé a rascar en las controversias y las pseudociencias. Había que conseguir que lo que dábamos en clase *serviera*. Unas ciencias más competenciales, que desarrollaran las competencias del ámbito científico de las que se empezaba a hablar (sí, habían llegado las competencias científico-tecnológicas).

Este ha sido un proceso personal ante la evidencia: lo que hacemos no funciona. No funciona más allá de la memorización, no funciona más allá de dos semanas, no funciona más allá de algunos alumnos academizados. Hay que cambiar. Muchos docentes ya estamos en ello.

Un día de mayo, al culminar una de las actividades que se explican en este libro, una alumna me dijo: «Gracias. Ahora me siento lista». Es difícil que ella sea consciente de cuán importante fue para mí esa frase ese día. Ya no es posible volver atrás.



Por qué se escribe este libro

Después de un tiempo, he sentido la necesidad de poner un poco de orden en todo eso. Y de ofrecer lo que he aprendido hasta ahora sobre cómo funcionan por dentro las metodologías que considero que hacen aportaciones a una enseñanza de las ciencias relevante. Diez años de leer, escuchar, probar, escribir, equivocarme, persistir, fracasar otra vez, acertar a veces, trabajar en equipo 6394 horas de clase. Lo que hay en este libro no tiene ánimo exhaustivo, son mis apuntes, mi «versión de los hechos». Todas las experiencias que se describen son tan imperfectas como propias. Por eso he elegido empezar el capítulo con esa cita.¹

No he aprendido nada solo. Así que resonarán en este libro los ecos de espacios en los que he ido aprendiendo. El grupo de trabajo EduWiKiLab, que se inició en 2011. Los compañeros y compañeras del grupo LIEC (Lengua y Enseñanza de las Ciencias) de la Universitat Autònoma de Barcelona. Los proyectos europeos *Pathway* y *Engaging Science*, sobre indagación y controversias, con el grupo Future Learning de la Universitat de Barcelona. Los colegas del SIAL, el CESIRE, la Xarxa de Competències Bàsiques y STEMCat del Departament d'Ensenyament. El #betacamp. Los profesionales de los claustros de los institutos N. S. Montserrat (Parets del Vallès), Marta Mata (Montornès del Vallès), Vilanova del Vallès y Marta Estrada (Granollers). Mis 1027 alumnas y alumnos.

Y aprovecho la ocasión para agradecerles estos años de aprendizaje.

Por qué un cubo de Rubik roto

Hay docentes que creen que la docencia es una especie de arte mágico, que no existen métodos y que todo se basa en una especie de capacidad personal que emana del amor al conocimiento y dotes de oratoria. Yo no lo creo. Creo que la educación y la enseñanza son actividades que pueden y deben mirarse científicamente. Y ser docente implica entretenerse en ver cómo funciona «por dentro» eso del aprendizaje, e intentar conseguir que sus distintas caras (evaluación, objetivos curriculares, papel del alumnado, etc.) cua-

1. He copiado esa frase del libro *Una breve historia sobre casi todo*, de Bill Brison.

jen. Ya sea en una actividad, en nuestra forma de organizar el aula, el curso... Como en un cubo de Rubik. Aunque no sea siempre fácil (o posible) resolver todas las caras. Por eso me pareció que la imagen de un cubo de Rubik desmontado, mostrando su mecanismo, transmite bastante bien la idea con la que me he puesto a escribir: dibujar los engranajes que he ido encontrando en las metodologías que he ido adoptando.

Cómo se lee este libro

Una de las cosas sobre la enseñanza de las Ciencias que trataremos en este libro es que la ciencia es el resultado de una narración en curso. También este libro forma parte de una narración en curso. Y he querido visibilizar el proceso, y que el acceso a algunas metodologías, más que por sesudas reflexiones, haya sido por accidentes, casualidades o errores. Así que he procurado usar la primera persona y ordenar el libro narrativamente.

El libro tiene un capítulo inicial destinado a negociar un vocabulario sobre lo que significa competencia científica. Después de ese capítulo –recomiendo leerlo en primer lugar– hay seis más, cada uno dedicado a un enfoque o método. Cada uno de estos seis capítulos puede leerse de forma independiente, si bien los he ordenado como a mí me parece lógico leerlos, en el orden en el que yo he accedido a ellos. Por lo que comentamos en el capítulo 4, creo que es interesante leer el libro *mientras* se diseñan o analizan actividades propias. He reservado al final de cada capítulo un espacio para eso.

En cada capítulo se incluyen –además de breves marcos teóricos– narraciones de experiencias concretas sobre lo que he visto al aplicar esos marcos en el aula. Doy mucha importancia a esta parte (la descripción de experiencias) porque creo que los profesionales de la educación tendemos a no ponernos de acuerdo y construir barricadas cuando hablamos de metodologías en abstracto; en cambio, todos nos entendemos cuando hablamos de actividades concretas. Y yo quiero que nos entendamos.

Como cierre, hay un breve epílogo final donde trato algunos aspectos comunes a todos los enfoques propuestos.

Una vez escrito el libro, me he dado cuenta de que los seis capítulos centrales forman tres ámbitos que se centran, respecti-

vamente, en la ciencia como actividad, la ciencia en contexto y la ciencia para la ciudadanía. No sé muy bien qué significado tiene eso. Me limito a constatarlo y quiero dedicar un tiempo a pensar en ello.

Cuando me ordeno las ideas lo hago a mano, dibujándolas. He creído consecuente con el propósito y naturaleza de este libro incluir algunos de estos dibujos. He intentado incluir en las figuras poco texto, o que fuera bastante críptico. Esto tampoco es un accidente, y se entenderán los motivos en el capítulo 3.

Quiero dar las gracias a Lourdes Martí, Anna Marbà y Manuel Domènech por leer el primer manuscrito y ofrecerme sus –siempre– sabios consejos.

Escribir este libro ha sido un placer. Espero que también lo sea leerlo.

Índice

Introducción	9
Por qué se escribe este libro	12
Por qué un cubo de Rubik roto	12
Cómo se lee este libro	13
1. De qué hablamos cuando hablamos de competencia científica	15
Conflicto	15
Discurso de la ciencia	17
Contextos y modelos científicos	18
La competencia científica y sus dimensiones	20
2. Enseñar a investigar. Indagación y trabajos prácticos	23
¿Qué habilidades de razonamiento e imagen de la ciencia promovemos?	24
Marcos didácticos para la indagación	25
Trabajos prácticos instrumentales, demostrativos e investigativos	25
La enseñanza de las ciencias basada en la indagación y la modelización	26
Preguntas investigables y no investigables	28
Experiencias de indagación	30
<i>Mystery boxes</i> . Una metáfora de la ciencia (4.º de ESO)	30
Raíces y serendipia. Diseñando experimentos con sentido (2.º de ESO)	33
Microscopía y biología celular. Formulando preguntas investigables (1.º de ESO)	35
De la ley de Hooke a los tropismos. Escribir para pensar (2.º de ESO)	37

Posibilidades y límites de la indagación	39
Elaborar una actividad de indagación	40
El diseño de la secuencia	40
El discurso de la ciencia	41
Referencias	43
3. Enseñar a pensar. Habilidades de razonamiento científico	45
Marcos sobre razonamiento científico y competencia científica	46
Experiencias desde la evaluación de habilidades de razonamiento científico	48
Categoría 1. Razonamiento deductivo (Física y Química, 2.º de ESO)	50
Categoría 2. Razonamiento inductivo (Geología, 3.º de ESO)	51
Categoría 3. Comprensión y diseño de experimentos (Ciencias, 3.º de ESO)	53
Categoría 4. Identificar y formular preguntas científicas (Biología, 3.º de ESO)	54
Limitaciones y posibilidades	55
Cómo diseñar preguntas para el razonamiento científico	56
Referencias	60
4. Aprender ciencia usando ciencia. Aprendizaje basado en proyectos	61
El aprendizaje como instrumento	61
Las actividades como contexto	63
Marcos didácticos para el ABP en ciencias	64
¿Dónde está la bolita? El papel del conflicto en el ABP	66
Contexto y modelo	68
Experiencias de ABP para la enseñanza de las ciencias	69
GeaTours. Fenómenos geológicos (2.º de ESO)	69
<i>WunderKammer</i> . Clasificación de los seres vivos (1.º de ESO)	71
<i>Montgolfier Tournament</i> . Energía y cambios energéticos (2.º de ESO)	72
<i>Howlin' wolves</i> . Astronomía (1.º de ESO)	75
Posibilidades y límites del ABP	76

Sobre los proyectos y los contenidos	76
Cómo diseñar proyectos ABP	78
Definición del proyecto	78
Secuenciación del proyecto	79
Instrumentos y dinámicas de evaluación	82
Proyectizar	82
Referencias	85
5. El método de estudio de caso dirigido. Aprendizaje basado en problemas	87
Marcos didácticos para los estudios de caso	88
Los estudios de caso dirigido	90
Experiencias de estudio de caso	90
<i>Caminalcules</i> . Evolución y estratigrafía. Biología y Geología (4.º de ESO)	90
<i>Gondwana Tales</i> . Deriva continental y tectónica de placas. Biología y Geología, 4º de ESO.	94
CRASH. Cinemática y dinámica. Física y Química (2.º de ESO)	97
<i>Karlsruhe</i> . Tabla periódica y estructura atómica. Física y Química (3.º de ESO)	98
Posibilidades y límites del método de estudios de caso	100
El control sobre el contexto	100
La disminución de la carga del proyecto	101
Cómo diseñar estudios de caso	101
Enfoque y etapas de creación de un estudio de caso	101
La roseta de dimensiones	102
Referencias	105
6. Comprender, decidir y actuar. <i>Scitizenship</i> y controversias sociocientíficas	107
Una ciudadanía expandida	109
Marcos didácticos para la <i>scitizenship</i>	110
Comprender: aprender ciencias en contexto	111
Decidir: ubicar los modelos científicos en conflictos	112
Actuar: emancipar mediante un rol	112
Experiencias de enseñanza de las ciencias para la ciudadanía	113
Una excursión a la publicidad en Twitter. Lectura crítica (3.º de ESO)	113

Policías, marcadores genéticos y violencia.	
Controversias sociocientíficas (4.º de ESO)	114
Una dieta equilibrada, justa y sostenible. Educación para el desarrollo y la paz (3.º de ESO)	117
Congreso sobre el agua. Ciencia ciudadana y aprendizaje-servicio (1.º de ESO)	119
Posibilidades y límites	121
<i>Scitizenship</i> , currículum e interdisciplinariedad	121
El espíritu crítico naíf y la falsa disidencia	121
Las fronteras de la instancia «Actuar»	122
Diseño de actividades	123
Diseño del conflicto	123
Diseño de la secuencia y apoyos	125
Referencias	127

7. Ciencia en un mundo incierto. Naturaleza de la ciencia y las pseudociencias

	129
¿Por qué las personas confían en pseudociencias?	130
Pseudociencias, epistemología y certidumbre	131
Marcos didácticos para el trabajo con pseudociencias	132
Uso de pruebas y argumentación	132
La naturaleza de la ciencia	134
Experiencias de trabajo con pseudociencias	134
Uso de pruebas y argumentación. ¿Qué agua es más sana? (4.º ESO)	134
Escala de certidumbre. Analizando proposiciones desde la (in)certidumbre (1.º y 3.º de ESO)	136
Balanzas de argumentos, zahorís y <i>feng-shui</i> . Usando argumentos para conferir certidumbre (3.º ESO)	138
Falacias y sesgos cognitivos. Perspectivas filosóficas para validar argumentos (3.º ESO)	140
Limitaciones y posibilidades	143
Profundidad epistémica	143
Un entorno poco propicio	143
Las falacias y el pensamiento científico	144
Cómo diseñar	144
Evitar bloques epistémicos	144
Un empoderamiento humilde	145
Referencias	147

Epílogo	149
Metodologías y currículum	149
Evaluación y estrabismo evaluador	150
Competencia/s científica/s	151
La identificación con la ciencia	152
El cambio a una enseñanza competencial de las ciencias	153

