Jordi Domènech Casal

Aprendizaje basado en proyectos para STEM

Breve manual práctico



Horizontes Universidad

Octaedro

APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS PARA STEM

BREVE MANUAL PRÁCTICO

Jordi Domènech Casal

Octaedro

Colección Horizontes – Universidad
Título: *Aprendizaje basado en proyectos para STEM. Breve manual práctico*

Primera edición: septiembre de 2024
© Jordi Domènech Casal

© De esta edición:
Ediciones OCTAEDRO, S.L.
C/ Bailén, 5 – 08010 Barcelona
Tel.: 93 246 40 02
octaedro@octaedro.com
www.octaedro.com

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. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

ISBN: 978-84-19690-27-2
Depósito legal: B 15213-2024

Diseño gráfico: Eumo_dc
Corrección: Xavier Torras Isla
Realización y producción: Octaedro Editorial

Impresión: Gráficas Ulzama

Impreso en España - *Printed in Spain*

A mi madre, intrépida viajera de caminos nuevos e insospechados:
¿y este camino, a dónde debe llevar?

Índice

Prólogo 11
Por qué se escribe este libro 11
Empiezo a caminar 12
Hallo la entrada de la caverna 13
Primeros pasos en la caverna 14
La gran red de galerías 15
El mapa. Qué contiene y cómo está estructurado este libro 16
Referencias 18

El ABP y el diseño de proyectos 19
1. Tipos de proyectos 21
Los proyectos de tipos 1 y 2: elaborar un producto / resolver un problema 26
2. El núcleo del proyecto: #contenido, #conflicto y #contexto 28
2.1. Estrategias de definición del núcleo del proyecto 31
2.2. Tensiones en el diseño del núcleo de un proyecto 36
2.3. Actividad práctica: diseño del núcleo del proyecto número 9 39
3. La secuenciación del proyecto 40
3.1. El método cremallera: *inputs* y andamios 40
3.2. Los *inputs* y los eventos de estructuración 42
3.2.1. El ciclo del aprendizaje y la transferencia 45
3.3. Los andamios didácticos 48
3.4. Actividad práctica: secuenciación del proyecto número 9 55
4. La evaluación 56
4.1. La evaluación como regulación del aprendizaje 56
4.2. La evaluación como calificación 59
Los objetivos y los instrumentos de calificación para ABP 60
Las estrategias de registro y ponderación 61
4.3. Enfoques para las complejidades propias del ABP: estrabismo evaluador 64
El producto final de un proyecto no siempre es un buen instrumento de evaluación 65
Dinámicas y herramientas para la «bicefalia evaluadora» 66
La dinámica TPoP 66
4.4. Actividad práctica: evaluación y calificación en el proyecto número 9 66
5. Gestión de aula, apertura y motivación 67
5.1. La gestión de aula 67
5.2. La apertura 68
5.3. La motivación 71
6. Evaluar y editar proyectos. Rúbrica *ABPMap* 72
Referencias 75

El marco STEM y ejes de intervención 79
1. El elusivo significado de STEM 81
1.1. STEM en la escuela 83
2. Objetivos STEM 85
3. *Soft skills* 88
3.1. Pensamiento crítico 91
3.2. Pensamiento creativo 94
3.3. Pensamiento computacional 98
3.4. Colaboración 101
3.5. Comunicación 105
4. La interdisciplinariedad 109
4.1. La interdisciplinariedad y el diseño de proyectos 109
4.2. Las prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas 110
4.3. Secuencias de disciplinas 113
4.4. Apunte sobre la interdisciplinariedad 118
5. *STEMtools* 119
5.1. STE[A]M 121
5.2. Inclusión y género 123
5.3. Educación para el desarrollo y la paz 125
5.4. *Design thinking* 127
5.5. Indagación 129
5.6. Matemáticas en tres actos 132
5.7. *Tinkering* 134
5.8. Ciencia ciudadana y RRI 136
5.9. Controversias sociocientíficas 138
5.10. Diseño e impresión 3D 140
5.11. Programación (robótica y *apps*) 142
5.12. Sensores y móviles 143
5.13. Datos remotos y laboratorios virtuales 145
6. Plan de provisión STEM 148
6.1. Actividad práctica: STEMización del proyecto número 9 149
Ejemplos desde el Itinerario Minerva 156
xyzStars 158
Génesis del proyecto: cuestión de perspectiva 158
Núcleo y secuencia del proyecto 159
Posibles desarrollos 161
Mission to Stars 163
Génesis del proyecto: hacia el espacio y más allá 163
Núcleo y secuencia del proyecto 164
Posibles desarrollos 165
CRASH 167
Génesis del proyecto: el problema de la respuesta correcta 167

Núcleo y secuencia del proyecto 168
Posibles desarrollos 169
Home 171
Génesis del proyecto: del cálculo a la ética 171
Núcleo y secuencia del proyecto 171
Posibles desarrollos 174
Montgolfier Tournament 176
Génesis del proyecto: de las partículas a la energía 176
Núcleo y secuencia del proyecto 176
Posibles desarrollos 178
Cyborg 180
Génesis del proyecto: del futuro a la inclusión 180
Núcleo y secuencia del proyecto 180
Posibles desarrollos 182
Drug Research 184
Génesis del proyecto: de la mitosis a la fabricación de medicamentos 184
Núcleo y secuencia del proyecto 184
Posibles desarrollos 186
CBES (Calc-Based Ecosystem Simulator) 188
Génesis del proyecto: somos interdependientes 188
Núcleo y secuencia del proyecto 188
Referencias 193

Organización del centro educativo para ABP y planes de innovación STEM 194
1. Logísticas de centro para el ABP 194
1.1. Estrategia 1: materias portadoras 195
1.2. Estrategia 2: franja de proyectos 197
1.3. Estrategia 3: intensiva 198
1.4. Estrategia 4: reclutamiento 199
1.5. Estrategia 5: extraescolar 201
1.6. Despliegue 202
2. Diseño y evaluación de Planes STEM de Centro 203
2.1. Los objetivos y las actuaciones 204
2.2. Instrumentos, criterios e indicadores 208
2.3. Los recursos y los responsables 214
2.4. Eficacia, validez y utilidad 215
3. Consolidación del plan y cultura STEM de centro 216
3.1. La Narración compartida del cambio 216
3.2. El equipo y la gestión del conocimiento 218
3.3. La Documentación 223
3.4. La Comunicación 225
Referencias 228

Conclusión 229
1. El ABP como metodología de enseñanza 229
2. ¿STEM como propósito? 231
3. La resignificación STEM. Sintonizar STEM con las coordenadas de la escuela 232
4. La innovación. El servicio como cultura, el rigor y el cambio como necesidad 235
Referencias 239
Anexos 241
Anexo 1: #Hiperglosario 243
Anexo 2: Índice de andamios 245
Anexo 3: Apoyo para formación en centro 247

Prólogo

Después de haber recorrido una distancia entre rocas sombrías, llegué a la entrada de una gran caverna. Dos emociones contrarias surgieron en mí: miedo y deseo. Miedo a la amenazante caverna y deseo de ver si había cosas maravillosas en ella.

Leonardo da Vinci, *Codex Atlanticus* (1484)

Por qué se escribe este libro

Desde hace varios años, las siglas ABP y STEM aparecen cada vez más a menudo en la prensa, los espacios de innovación educativa y formación del profesorado y las revistas de didáctica.

Creo que, de algún modo, desde distintos puntos del paisaje educativo (docentes, familias, universidad, Administración), intuimos que hay aquí una oportunidad para una educación mejor, una oportunidad de cambiar cosas. Y esto es realmente una buena noticia. Las siglas ABP y STEM están dinamizando con fuerza parte del mundo educativo. Se despliegan programas de formación, planes de innovación regionales, certámenes, jornadas educativas..., y pienso que a muchos docentes nos están resultando útiles para dialogar con la práctica o como hilo del cual tirar para conectar con la didáctica y desarrollar una mirada más profesional en el oficio.

Para ser honestos, también tendremos que admitir que, estrictamente hablando, no tenemos un significado demasiado claro para estas dos siglas. En algunas ocasiones, ABP significa que los alumnos escojan qué desean aprender; en otras, simplemente es una invitación a hacer «cosas activas». Prodigiosamente, la P de ABP puede identificar al mismo tiempo *proyectos*, *problemas* o *productos*[1] y no parece que haya mucha prisa en aclararlo (podemos llamar a esto la *pax didactica* del ABP). Igualmente, bajo el paraguas STEM conviven, en didáctica harmonía, actividades de robótica con biografías de científicas y tecnólogas, y mezclas de disoluciones en colores. Un banquete en el que, aunque sospechamos que la interdisciplinariedad está invitada, no sabemos con certeza dónde sentarla. Entretanto, en algún claustro, alguien murmura: «¿Pero STEM tiene que ser con la A de STEAM, no?». Miradas de circunstancias y encogimiento de hombros.

Y creo que una parte del desarrollo de una identidad profesional exige superar el miedo a la amenazante caverna de los significados didácticos y

1. La aparición, en los últimos años, en Finlandia del *phenomena based learning* (aprendizaje basado en fenómenos) ha supuesto una ocurrente contribución a la polisemia de PBL (en español, ABP).

pedagógicos y rascar para ver si hay cosas maravillosas en ella. Por eso, este prólogo empieza con esa cita de Leonardo da Vinci. Porque el entusiasmo y el ímpetu que despiertan las siglas ABP y STEM es condición necesaria, pero no suficiente. Hay que excavar. Dar sentido, utilidad e impacto a todo ese movimiento. Usar los significados para dialogar con nuestra práctica. He intentado hacer esto de forma consistente. Y dedicaré unos párrafos a narrar parte de mi diálogo, porque opino que saber qué nos ha traído aquí será de utilidad a la hora de comprender el sentido de algunas de las propuestas y la estructura del libro.

Empiezo a caminar

La primera vez que imaginé que uno podía aprender por proyectos fue cuando estaba en 5.º de primaria. Aquel jueves había llovido, así que los que nos quedábamos a comer nos apretujábamos en la ludoteca de la escuela. El domingo anterior había visto la película *Las cuatro plumas* (1939), un clásico ambientado en las guerras coloniales, y me había quedado prendado de una escena en la que diversos oficiales discutían sobre la mejor estrategia de asedio de un emplazamiento. Proponían distintas configuraciones sobre el terreno, incorporaban contraargumentos: «No, pero si hacemos esto...», que los otros aceptaban con un movimiento de cabeza. Mejoraban unos las propuestas de otros: «Podríamos situar aquí...». A intervalos se quedaban pensativos, moviendo los ojos de un lado a otro del mapa, como *viendo algo que no estaba ahí*. Todo un conjunto de razonamientos de los cuales yo no entendía nada. Pero ellos sí que parecían entenderse entre ellos.[2] Yo quería participar en conversaciones así. Motivado por ese deseo, dispuse en una de las mesas de la ludoteca una serie de objetos (lápices, sacapuntas, piezas de lego...), como si fuera un emplazamiento fortificado, y diferentes muñecos de plástico como unidades de caballería, infantería, etc., y llamé a Joan, un compañero de mi clase. Le propuse que diseñara una estrategia de asedio (*primero esto, luego esto*...) e intentamos «jugar a argumentar» sobre la estrategia, algo que él también tomó con interés y con la confianza de que iba a ser divertido. Fue un completo desastre. Lo cierto es que ni él ni yo teníamos la más absoluta idea de estrategia ni del papel que cada tipo de unidad desarrolla. No podíamos ver *eso que no estaba ahí* ni disponíamos de la manera de conocerlo, por lo que el resultado fue una conversación bastante aburrida, y decidimos dejarlo.[3] Aquel interés infantil por la estrategia militar desapareció al poco tiempo, desplazado por una prolongada racha de películas del Oeste, pero recuerdo con gran detalle el suspiro y la decepción al recoger las piezas y elementos que con tanta ilusión había dispuesto sobre la mesa.[4] Yo quería participar en conversaciones así.

2. Más adelante volví a presenciar conversaciones parecidas, bastante menos glamurosas, sobre fútbol.

3. Por lo que sé, Joan es ahora ginecólogo, así que probablemente establecer estrategias, valorar riesgos y planificar acciones es algo que formará parte habitual de su día a día.

4. Como se verá más adelante en este libro, no perdí el interés por construir situaciones que sirvieran para discutir y aprender.

Entonces no sabía que lo que yo había intentado hacer se llama *estudio de caso*, que es un método de aprendizaje basado en proyectos que se fundamenta, precisamente, en promover ese tipo de conversaciones. Pero *nunca* había conversaciones así en mis clases, o no recuerdo que las hubiera hasta diez años después, en tercer curso de carrera. La etapa universitaria terminó y desembarqué como docente en las aulas de secundaria. La anécdota de la ludoteca había quedado guardada con otros recuerdos infantiles, con el olor de la primera cazadora de cuero y el tarareo de una canción de excursionistas. Hasta un par de años después.

Hallo la entrada de la caverna

Estaba dando clase de Física a alumnos de 2.º de ESO. Nos tocaba «dar» la ley de Hooke ($F = K \cdot \Delta x$), que viene a ser una especie de «remanso» dentro del tema general de la dinámica y las fuerzas (imprime un poco de color al trabajo con fórmulas para la resolución de problemas y *se supone* que permite trabajar el concepto de *constante*).

Llevaba un tiempo preocupado en conseguir que la ciencia que enseñábamos fuera más «científica» y que los alumnos tuvieran que interpretar datos y sacar conclusiones. Así que se me ocurrió hacer lo que entonces llamé *girar* la práctica de laboratorio. En lugar de hacer que «confirmaran» experimentalmente la ley de Hooke después de explicarla en clase, la indujimos a partir de datos experimentales. Cada grupo hizo primero su experimento con distintos muelles y pesas. Anotamos los resultados en la pizarra y dedicamos una segunda sesión a representarlos gráficamente e interpretarlos. Al parecer, unos muelles tenían más elasticidad que otros, había como un «multiplicador» de elongación distinto para cada muelle. Aparecieron hipótesis, que pudimos comprobar experimentalmente *in situ* (Domènech-Casal, 2013), y el concepto de *pendiente de una recta* tuvo para los alumnos un contexto en el que cobrar sentido.

Pese a que asumo que muchos otros grupos de estudiantes habrán llegado a descubrir por sí mismos la ley de Hooke, para nosotros fue realmente emocionante. Porque en aquella sesión no solo descubrimos la ley de Hooke, sino también otro modo de *dar clase*. Hacía solo un par de semanas que había tenido noticias del informe *Rocard* (2007), en el que se afirmaba que en Europa faltaban vocaciones científico-tecnológicas y que necesitábamos *otros modos* de enseñar ciencias y matemáticas. En ese momento me había parecido un brindis al sol. Pues bien: sospeché que acababa de presenciar (¡y participar en!) una experiencia de esos *otros modos*.

> —Jordi, ¿haremos más actividades de estas?
> —Bueno, si tenemos tiempo, intentaré hacer alguna más.
> —Es que es guay, porque hay que pensar, ¿sabes?
> —Has participado mucho, Youssef, con buenas ideas.
> —Es que a mí *en verdad no me gustan las ciencias y las mates, pero eso de los muelles e investigar, sí*.

Youssef , de todas maneras, no se libró de su examen de problemas de la ley de Hooke, pero creo que se entiende que después de esa conversación (y la concepción de la ciencia que encarnaba) no me quedara más remedio que seguir rascando ahí. Lo que Youssef estaba reclamando no era muy distinto de mi intento infantil de «situaciones problema» en la ludoteca de un jueves lluvioso.

Pero ahora era distinto. Ahora *yo sí podía hacer algo*.

Primeros pasos en la caverna

Leí algunos artículos de didáctica. Lo que yo llamaba *girar* las prácticas resultó tener un nombre: ECBI (enseñanza de las ciencias basada en la indagación), que intenté plasmar en el aula con algunos fracasos y algunos aciertos. El proyecto *Pathway* de la Unión Europea ofrecía unos cursos sobre el tema (Domènech-Casal, 2014) que me abrieron una ventana: existía un conocimiento consolidado sobre esos *otros modos* de dar clase. Y, cuando se abren ventanas, hay corriente. A la vuelta, intenté aplicar lo que había aprendido y combinarlo con un tipo de actividad basada en retos que estaba de moda (las *webquests*)[5] en medio del *boom* de las TIC. Bauticé esa combinación como *proyectos de indagación* (Domènech-Casal, 2019) y ahí nacieron las versiones iniciales de dos de los proyectos que se describen en este libro: el proyecto *Cyborg* y el proyecto *CBES*. En ese momento ignoraba que lo que estaba haciendo se llamaba ABP, pero sí que me daba cuenta de una cosa: esos *otros modos* eran posibles, se podían aprender, y requerían un trabajo interdisciplinar y unos instrumentos de evaluación distintos.

Cuatro años después de ese experimento con la ley de Hooke, había cambiado de instituto y seguía leyendo y probando. Asistí a un montón de charlas en jornadas educativas y también impartí alguna, explicando mis intentos en el aula. Esto me llevó a participar en el grupo LIEC de la Universitat Autònoma de Barcelona y en dos proyectos europeos (*Scientix*[6] y *Engaging Science)*.[7] Poco a poco, descubrí que existían unas palabras (*contexto, modelo, controversia, pensamiento computacional, estudio de caso...*) (Domènech-Casal, 2019b) que, usadas como «gafas», ayudaban a identificar qué hacía que algunas propuestas de actividades fueran tan buenas, así como a diseñar nuevas actividades similares.

Usar la teoría como gafas para «mirar» la práctica permitía «ver» cosas valiosas. Podías diseñar herramientas, andamios didácticos para ayudar al

5. Las *webquests* son un tipo de actividad que adquirió mucho protagonismo en la «oleada TIC». Se trata de actividades en las que una pregunta general compleja «¿Son los cíborgs humanos?» se conecta con pequeñas preguntas más simples que implican buscar, seleccionar y analizar informaciones. La integración de las distintas etapas permite abordar la respuesta a la pregunta general compleja, generalmente mediante algún tipo de producto (Fierro, 2005). Las *webquests* han sido muy injustamente tratadas en la didáctica, por una triste confusión: en su momento alguien creyó que su único valor era que usaban recursos TIC, cuando en realidad lo valioso era su estructura didáctica y su exigencia cognitiva, que encarnaba a la perfección el discurso de esos *otros modos* que entonces andábamos buscando desesperadamente.

6. http://www.scientix.eu.

7. https://www.engagingscience.eu/es

alumnado a pensar en el modo en que la Ciencia, la Tecnología y las Matemáticas «piensan» (Domènech-Casal, 2016b). Había un potencial enorme en ese diálogo con la teoría didáctica. Probablemente, en ese período nacieron las primeras versiones de los proyectos *Drug Research* y *xyzStars*, que se describen en este libro, y en las que yo era por primera vez plenamente consciente de que eso tenía un nombre (ABP). También empezaba a entrever un poco de STEM.

La gran red de galerías

Y las cosas se desarrollaron a partir de aquí de una manera vertiginosa. Me propusieron formar parte del equipo inicial de 7 docentes que iniciaríamos el Instituto Marta Estrada (mi centro actual), con un ambicioso proyecto educativo de centro para el trabajo con ABP interdisciplinares y STEM. Éramos pocos docentes, así que algunos años me tocó «dar» matemáticas y física, además de biología y geología. Ahí nacieron los proyectos *Home* y *CRASH* que se exponen en este libro, pero, sobre todo, el diálogo entre teoría y práctica adquiría una nueva dimensión: la organización del centro educativo. Había allí otros docentes que también venían de sus propias búsquedas de *otros modos* y entre todos conseguimos articular logísticas de centro más amables con ABP y STEM. Logramos desarrollar una fórmula propia con distintos tipos de proyectos, que continuamos actualizando (Blanco *et al.*, 2019; Assens *et al.*, 2020).

Y en eso seguimos. Durante los últimos años, he participado en distintos esfuerzos para «sumar» en ABP STEM. Organizar las Jornadas STEM ABP[8] (Domènech-Casal, 2017), en las que docentes de distintos centros compartimos y codiseñamos propuestas, nos sirvió para darnos cuenta de lo que hemos mencionado al inicio de este prólogo: no hablamos todos de lo mismo cuando decimos STEM y ABP. Hacían falta más «gafas». Empecé a colaborar como profesor asociado en el Departamento de Didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales de la Universitat Autònoma de Barcelona, enseñando e investigando sobre innovación educativa y enseñanza de las ciencias y STEM (Domènech-Casal, 2019c). Y de allí aprendí muchas de las perspectivas y fundamentos teóricos que se usan en este libro para «mirar» la práctica.

Participar como asesor y embajador STEM en el programa STEAMCat del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya me dio el privilegio de trabajar al lado de profesores expertos en distintos ámbitos STEM, a la vez que grandes compañeros. Juntos diseñamos las propuestas formativas y asesoramos a diversos centros para el despliegue de Planes STEM de innovación (Albalat *et al.*, 2022). Había un mundo de modos rigurosos de desplegar STEM con relación a la organización de centro, la atención al alumnado, las familias... que iban mucho más allá de aplicar algún proyecto ABP STEM de vez en cuando. Y, todavía más, había formas de ayudar a hacerlo. He intentado compartir lo que he aprendido al respecto en el capítulo 4.

8. https://stemabp.wordpress.com

Ha sido una suerte para mí[9] poder compaginar eso de manera permanente con el trabajo en el aula. Y veo con claridad la huella que tuvo ese diálogo a tres bandas (aula-investigación-formación) en el diseño de los proyectos *Montgolfier Tournament* y *Mission to Stars,* que completan los 8 ejemplos de proyectos que se describen en este libro.

Han sido doce años de analizar la práctica desde las «gafas» de la didáctica e intentar sacar algo en claro. Leer, hablar con otros, probar cosas. Aplicar cerca de 40 proyectos ABP STEM con más de 1000 alumnos. Formar a unos 800 docentes y asesorar alrededor de 20 centros educativos. Y he creído necesario incluir en el prólogo escenas de este itinerario para mostrar que cualquier cambio educativo (incluido ABP STEM) no va de varitas mágicas, sino de picar piedra y explorar de forma continuada. Probar una y otra vez. Hablar con otros, aceptar errores, incorporar «gafas» didácticas que nos permitan ver lo que antes costaba ver. Volver, una y otra vez, a la tensión entre lo que queremos y lo que hacemos. A girar la práctica de la ley de Hooke.

Hay, ciertamente, cosas maravillosas en la caverna. Me he dedicado estos años a describirlas en forma de artículos de didáctica que me han ayudado a «dar forma» a la reflexión, a hacer un mapa a medida que me internaba en la caverna. Y he creído que, llegado a este punto, podía ser útil compartir este mapa de un modo que adquiriera sentido para otros. Saber por dónde empezar.

El mapa. Qué contiene y cómo está estructurado este libro

Todavía estoy explorando. Así que este libro no pretende ser exhaustivo, sino ser un «libro de apuntes» de cuanto he ido aprendiendo y aportar **herramientas prácticas** para disipar la bruma y poder «hacer». Esta es parte esencial del contenido del libro, y por eso se llama *Manual práctico*.[10] Creo que esto es importante, porque en muchas ocasiones las propuestas STEM que recibimos los docentes consisten en decirnos que, para hacer STEM, hay que «fomentar la creatividad», y, bueno, muchas gracias: detectar necesidades está bien, pero empezamos a necesitar propuestas prácticas sobre *cómo* hacerlo.[11]

El libro se estructura en cinco capítulos. Dedicamos el primero y el segundo a compartir una definición doméstica de lo que es el ABP y el STEM, respectivamente, y a cómo aplicar herramientas para diseñar y evaluar proyectos. Creo que conviene leer estos dos antes de pasar a los demás, pues se

9. Digo que ha sido una suerte, porque en el mundo educativo la opción por defecto, si quieres «rascar» un poco más en las cosas y pensar sobre ellas, es salir del aula y destinarte a algún servicio de innovación, donde te dediques a innovar sin alumnos. Pero eso extingue ese diálogo entre la teoría y la práctica que pretendemos, y es difícil que la realidad te oiga desde allí (y viceversa). Excavando en la burocracia he ido encontrado los modos de trabajar media jornada en el aula y otra media en distintos espacios (servicios de innovación del Departamento de Educación, Universidad...). Pero es realmente complejo e incierto a nivel administrativo. Es una paradoja que resulte tan complicado, en contraste con los discursos sobre innovación que leemos en periódicos y canales de comunicación de la Administración educativa.

10. En realidad, quería titularlo «Marco operativo», pero mi mujer me ha dicho que así nadie lo leería.

11. Hay un meme muy conocido que se usa a menudo en psicología, en forma de minidiálogo fútil, que reza: «¿Estás triste? ¡No estés triste!». Creo que en didáctica y pedagogía podemos versionarlo como: «¿Tus actividades no trabajan el pensamiento crítico? ¡Trabaja el pensamiento crítico!».

presentan algunos conceptos y estrategias que son útiles para comprender el resto. **8 proyectos ABP STEM llevados al aula y su génesis se describen a fondo** en el tercer capítulo, agrupados en lo que he llamado el Itinerario Minerva (https://sites.google.com/view/itinerariominerva).

Como solo concibo la lectura del libro *mientras* se está diseñando un proyecto ABP STEM, he querido condensar de algún modo esta expectativa. Por ello, he dispuesto a lo largo del libro una serie de actividades prácticas para acompañar al lector en el diseño de su proyecto ABP STEM: el noveno proyecto del Itinerario Minerva.

Dado que desplegar ABP STEM es muchas veces una iniciativa de centro, me ha parecido necesario dedicar el cuarto capítulo a herramientas y perspectivas para implementar un proyecto de centro ABP STEM, desde las logísticas de centro hasta el diseño de planes de innovación.

Durante todo el libro, he procurado centrarme en *cómo hacer* más que en *deberíamos hacer*. Así que se me perdonará que en el quinto capítulo (que he titulado, ilegítimamente, «Conclusiones») me suelte un poco y discuta hacia dónde creo que deberíamos orientar el panorama ABP STEM desde la escuela y, en particular, con relación a algunos retos que se enumeran en el capítulo 2. Porque dentro de la caverna también hay cosas siniestras.

De vez en cuando, he considerado oportuno hacer una definición o ejemplificación más extensa de algún término teórico. He incluido estos casos como destacados en gris, para que no rompieran el hilo lector. He hecho un esfuerzo por incluir en el texto citas bibliográficas de artículos y publicaciones de didáctica, porque lo que nos da potencia no son las herramientas prácticas, sino el diálogo con ellas desde las gafas que da la **fundamentación teórica**. Esto nos permite ser críticos y poder discriminar entre distintas propuestas, aparte de identificar vías para mejorarlas.

Creo que, además de ejemplos, herramientas prácticas y fundamentación, los docentes necesitamos **relatos**. Porque un relato permite incluir cosas (motivos, errores, anécdotas, imprevistos...) sin las cuales no se entienden los procesos de cambio. Y yo lo que quiero es ayudar a desarrollar un proceso de cambio. Por eso, siempre que he podido (y de manera especial en el capítulo 3) he intentado emplear un estilo narrativo.

Mantuve una animada discusión conmigo mismo sobre si situar distintas plantillas y materiales de apoyo intercalados en medio del texto o separados como anexos. Finalmente, he acabado por comprender que, en realidad, solo hay una opción posible: *durante* el texto.[12] Para facilitar la consulta de dichos distintos materiales de apoyo, he incluido al final del libro un índice de andamios didácticos y un **#hiperglosario** de diversos términos clave.

Me gustaría que este libro fuera útil a los docentes y centros educativos que ven en el ímpetu ABP STEM una oportunidad. Y ayudar a que ese ímpetu consiga llevarlos más lejos, a ellos, y a los Youssef que habitan sus aulas.

12. Se entenderán los motivos en el capítulo 1.

Referencias

Albalat, A., Mateo, E., Couso, D., Domènech-Casal, J. (2022). STEMtools: una propuesta para planificar el despliegue STEM en la escuela. *Revista Ciències* (en edición). https://wp.me/p25seH-U2

Assens, M., Carrió, V., Domènech-Casal, J., Gasco, J., Llorente, I. y Saperas, A. (2020). Proyectos interdisciplinarios en secundaria. Una propuesta organizativa y pedagógica desde el Contexto, el Currículum y la Autonomía. *Cuadernos de Pedagogía*, 505. https://wp.me/p25seH-Gs

Blanco, R., Carrió, V., Domènech, X., Domènech-Casal, J., Llorente, I. y Muro, I. (2019). Organizar e impulsar un centro de secundaria hacia el trabajo por proyectos. *Aula de Secundaria*, 31, 27-31. https://wp.me/p25seH-DK

Domènech-Casal, J. (2013). Secuencias de apertura experimental y escritura de artículos en el laboratorio: un itinerario de mejora de los trabajos prácticos en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 249-262. https://wp.me/p25seH-f1

Domènech-Casal, J. (2014). Indagación en el aula mediante actividades manipulativas y mediadas por ordenador. (Aportaciones desde el proyecto Pathway). *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 76, 17-27. https://wp.me/p25seH-eT

Domènech-Casal, J. (2016). Proyecto C3: indagación científica, lengua y contextos en la ESO. *Aula de Secundaria,* 19, 15-19. https://wp.me/p25seH-kX

Domènech-Casal, J. (2017). Aprendizaje Basado en Proyectos en ámbitos STEM. Claves metodológicas y retos. *Revista Ciències,* 33, 2-7. https://wp.me/p25seH-ue

Domènech-Casal, J. (2019a). Treball per projectes i competència científica: una proposta metodològica per al disseny de Projectes d'Indagació. *Perspectiva Escolar*, 398, 40-44. https://wp.me/p25seH-tZ

Domènech-Casal, J. (2019b). Contexto y modelo en el Aprendizaje Basado en Proyectos. Apuntes para el ámbito científico. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 98, 71-76. Jordi Domènech-Casal. https://wp.me/p25seH-xa

Domènech-Casal, J., Lope. S. y Mora, L. (2019c). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(2), 2203 (2019). https://wp.me/p25seH-Ct

Fierro, J. L. (2005). La oportunidad WebQuest. *Revista Didáctica, Innovación y Multimedia*, 2.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. y Hemmo, V. (2007). *Science Education now: a renewed pedagogy for the Future of Europe*. Comisión Europea. https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/resources/docs/rapportrocardfinal.pdf

El ABP y el diseño de proyectos

He estudiado todas las cartas de los planetas y las estrellas y ninguna coincide con las demás. Hay tantas mediciones y métodos de medición como astrónomos, y todos en desacuerdo. Lo que se necesita es un proyecto para mapear los cielos desde un solo lugar durante varios años.

Tycho Brahe, 1563

Una breve historia del ABP

Una de las ideas que defiende el ABP es que todos aprendemos cuando, para «hacer cosas», necesitamos incorporar nuevas ideas. Así que es probable que las primeras personas que aprendieron mediante ABP lo hicieran golpeando dos piedras entre sí para fabricar un bifaz. Pero del ABP entendido como metodología, es decir, como algo planteado estratégicamente como una estructura didáctica con un propósito pedagógico, encontramos indicios mucho más tarde.

Una de las primeras menciones de los proyectos como enfoque educativo la hallamos en la *Accademia di San Luca*, en el siglo XVI, que formaba arquitectos y escultores. En el oficio de la arquitectura eran habituales las competiciones creativas, y se trasladaron del ejercicio del oficio a su aprendizaje, de modo que los aprendices debían diseñar proyectos arquitectónicos e, incluso, desarrollar habilidades de comunicación para convencer a los profesores, que representaban el rol de clientes (Knoll, 1997).[13] Esta idea la volveremos a ver más tarde en la Académie Royal d'Architecture de París, a mediados del siglo XVII, y se expande poco a poco hasta llegar a las primeras escuelas de arquitectura e ingeniería de EE. UU.

Allí, el concepto adquirió gran popularidad e incorporó aspectos como el trabajo manual y en equipo. En 1879 se fundó la *Manual Training School* de Sant Luis (Missouri) (el equivalente a un instituto de formación profesional), dirigida por Calvin Woodward (1887), donde se aplicaba como estrategia educativa. El alumnado **alternaba momentos de aprendizaje de técnicas específicas con la realización de un proyecto final** de diseño libre en el cual debían construir una máquina que funcionara, junto con los planos y cálculos usados para su diseño. Charles Richards (1900), profesor de formación manual en el Teachers College de la Universidad de Columbia de Nueva York, retomó la propuesta de Woodward y consideró que **el proyecto no tenía que situarse «al final» del proceso, sino que debía ser su desencadenante**, esto

13. ¿Alguien dijo gamificación?

es, el punto de partida «generador» de las necesidades de aprendizaje. Esta dicotomía (si los alumnos deben aprender «como preparación» o «a consecuencia» del proyecto) continúa hoy viva en la práctica.

Estas experiencias sirvieron para comunicar que ese modo de aprender era posible: se produjo una rápida expansión, de forma que, en 1913, en escuelas de primaria y secundaria de EE. UU. empezó a aplicarse lo que podríamos llamar un ABP STEM primigenio, en donde las ciencias experimentales se enseñaban de forma integrada como parte de **procesos de indagación guiada por el docente a partir de problemas o fenómenos,** y fórmulas equivalentes fueron apareciendo en distintos países. Más o menos por las mismas fechas, el estudio a partir de casos o problemas se implantó de manera habitual en las universidades, como la de Harvard, donde se empezó a aplicar (y se sigue aplicando) para la enseñanza de Derecho y Medicina.[14]

La fórmula había ganado interés para los filósofos de la educación, porque las ideas emergentes sobre emancipación y construcción del conocimiento estaban un poco huérfanas de formatos didácticos adecuados que las encarnasen. En 1916, el filósofo de la educación John Dewey publicó *Democracia y educación*, libro en el que defiende la necesidad del diseño de escenarios de experiencias en los que el alumnado pueda **construir conocimiento a partir de sus ideas previas de forma contextualizada** y guiada por el docente, dando un papel muy relevante a la **colaboración y discusión** con los iguales (tanto desde un punto de vista pedagógico como político). En 1918, el pedagogo William Heard Kilpatrick, alumno de Dewey, conecta esa necesidad con los proyectos, en lo que él llama *The Project method*, la primera vez que alguien se refiere al ABP como un método concreto, más que como una filosofía sobre el aprendizaje. Muy preocupado por la importancia de la motivación y el sentido en el aprendizaje, en él recoge y desarrolla la idea del propósito: el aprendizaje se produce cuando existe un #**propósito compartido por el alumnado** que lo hace necesario. Intentando «ordenar» el universo ABP para hacerlo metodológicamente accesible, Kilpatrick propone que los proyectos pueden distinguirse según su propósito, y plantea cuatro tipos: resolver un problema, elaborar un producto, disfrutar de una experiencia estética y obtener un conocimiento específico. Dewey y Kilpatrick representan dos visiones complementarias y solapadas de los proyectos, vivas hoy en día. La del primero, más centrada en el diseño de experiencias estructuradas y la reflexión comunitaria sobre la experiencia, y la del segundo, más centrada en la autogestión y el sentido para el individuo.

En los años sesenta, el método adquirió mucho reconocimiento, al ser adoptado como método principal de enseñanza de los estudiantes de enfermería de la Universidad McMaster, de Canadá, mediante un tipo concreto de ABP, llamado *estudio de caso*. Concretamente, el método de estudio de

14. No dispongo de datos, pero no podemos descartar que, también entonces, un montón de gente se pusiera las manos a la cabeza profetizando el hundimiento de la civilización occidental, y diciendo que la cultura del esfuerzo, y tal y tal. Y bueno, la última vez que lo miramos la Universidad de Harvard seguía en pie.

caso dirigido, en el cual el docente propone un caso o problema a discutir por equipos, y aporta paulatina y gradualmente distintas referencias para la indagación, información y explicaciones que el alumnado debe transferir a la resolución del problema. El método de estudios de caso dirigido se exportó a otros campos (especialmente, a la formación en derecho y empresa, psicología e ingeniería) y a partir de 1970 distintas universidades en el mundo (como casos paradigmáticos, las de Limburg, en Maastrich, las de Roskilde y Aalborg, en Dinamarca, y la Universidad Politécnica de Hong Kong) lo adoptaron como método, como parte de un proceso global de expansión de la metodología que continúa en la actualidad.

1. Tipos de proyectos

Puede ser realmente complejo situarse en el heterogéneo panorama del ABP. A medida que he ido diseñando proyectos, he visto que, para aclararme en esta cuestión, me es de gran ayuda la propuesta de Kilpatrick. En la página 16 de su opúsculo, Kilpatrick (1918) propuso cuatro tipos de proyectos (tabla 1),[15] y voy a desarrollarla un poco, porque creo que intentar identificar qué tipo de proyecto estamos diseñando allana el camino a la comprensión:

Proyectos *Queremos hacer/resolver...*

Proyectos de tipo 1: elaborar un producto. Por ejemplo, pueden tratarse de productos físicos o virtuales, elaborar un diseño 3D de una prótesis adaptada, construir una catapulta o un elaborar programa automatizado.

Proyectos de tipo 2: resolver un problema. Por ejemplo, pueden serlo un trabajo de investigación sobre por qué no funciona el ascensor (estudio de caso), decidir si debemos aplicar un impuesto sobre los coches más contaminantes (controversia), una investigación sobre qué partes del río están más contaminadas (indagación) o averiguar cómo se alimentan las plantas (modelización).[16]

Proyectos de tipo 3: disfrutar de una experiencia estética. Por ejemplo, pueden serlo el propósito de prepararse para visitar una exposición en un museo o asistir a un concierto, o certamen literario, para disfrutarlo mejor.

15. Dentro del Itinerario Minerva que se describe en el capítulo 3, solo hay proyectos de los tipos 1 y 2. Los proyectos *xyzStars, Montgolfier, Cyborg* y *CBES* pueden considerarse de tipo 1 (se orientan de forma explícita a elaborar un producto), mientras que los proyectos *Mission to stars, CRASH*, *Home* y *Drug Research* pueden considerarse de tipo 2 (si bien requieren elaborar pequeños productos para comunicar la resolución del problema o pregunta). Decidí priorizar en la construcción del itinerario esos dos tipos de proyectos, y la razón se entenderá en los siguientes párrafos.

16. Los proyectos de indagación o modelización son un caso particular, porque pretenden resolver un problema cognitivo desde el discurso de la ciencia, pero también obtener un conocimiento, lo cual los sitúa entre los tipos 2 y 4. Al ser proyectos que de manera instrumental generan otros aprendizajes relevantes para

Proyectos de tipo 4: obtener una habilidad o conocimiento específico. Por ejemplo, pueden serlo proponerse aprender a tocar un instrumento, aprender a escribir cartas o a editar imágenes (procedimental), o adquirir conocimientos declarativos como qué culturas habitaron en una determinada región (enciclopédico).	Proyectos *Queremos saber/aprender a...*

Tabla 1. Clasificación de tipos de proyectos según Kilpatrick (1918), agrupada (en gris) en dos categorías generales.

De esta clasificación me llaman mucho la atención los proyectos *enciclopédicos*, de tipo 4. Este tipo de proyectos me parece muy distinto de los otros y querría dedicar un momento a hacer explícita esta diferencia, dado que la necesitaremos más adelante en este capítulo.

A tal fin, voy a usar un ejemplo: supongamos que estamos en clase de Ciencias y comunicamos a nuestro alumnado: «Ahora aprenderemos sobre los dinosaurios», y dialogamos con ellos para decidir, conjuntamente, cómo vamos a estructurar ese proyecto de aprendizaje. Buscar información en libros o internet, visitar un museo, invitar a un experto, hacer un experimento, etc. Supongo que queda bastante claro que este sería un proyecto de tipo 4 enciclopédico, en el cual, básicamente, lo que hacemos es comunicar de forma explícita el objetivo de aprendizaje y compartimos con el alumnado la toma de decisiones sobre cómo conseguirlo.

Creo que todos nos lo imaginamos como una sucesión de murales o presentaciones orales de distinta fortuna estética en un formato bastante escolar, en los que el alumnado se limita a «retransmitir» informaciones. Siendo honestos, es un tipo de proyecto en el cual lo que ocurre en el aula, en realidad, depende poco de que estemos haciendo un proyecto sobre los dinosaurios, los semiconductores, los tipos de sonetos o las funciones matemáticas. Puede llevar aparejada la adquisición de habilidades de búsqueda y síntesis de información de un modo bastante desligado de la manera de pensar de cada materia, pero difícilmente desarrollará habilidades de pensamiento propias de la materia (diseñar experimentos, sacar conclusiones de datos...). Y creo que también estaremos de acuerdo en el hecho de que «retransmitir» informaciones, incluso cambiando su formato (o resumiéndolas) no garantiza que se hayan aprendido.

Pero supongamos ahora que, en lugar de eso, empezamos mostrando a los alumnos la imagen de la figura 1a en una pantalla. Supongamos que proponemos una pregunta o promovemos su formulación a partir de la imagen.

las áreas STEM (como diseñar experimentos), he decidido ubicarlos en este libro en el tipo 2, aunque es una atribución que necesitaría mayor discusión. No he sido capaz de resolverla, así que hago constar aquí esta dificultad por si el lector quiere reflexionar sobre ello.





Figura 1. *a)* Huellas encontradas en el Parque de Dinosaurios de Sonora, probablemente de un ornitópodo. Crédito de la imagen: Wikimedia Commons, Licencia 4.0. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Huellas_de_dinosaurio,_Esqueda.jpg; *b)* alumnos investigando a partir de distintas evidencias paleontológicas (Domènech-Casal, 2016a).

Ahí podrían aparecer preguntas muy variadas: «¿De qué son estas huellas? ¿Realmente tenía garras? ¿Era cazador, entonces? ¿Por qué vemos solo una hilera de huellas, en lugar de dos? ¿Si no hay más huellas, significa que iba solo? ¿Tenemos que copiar eso? ¿Puedo ir al baño?». Supongo que se ve que *algunas* de esas preguntas pueden llevar a aprender, de forma instrumental, sobre dinosaurios (analizar sus formas, sus modos de alimentarse y socialización...). Este segundo enfoque se corresponde con un proyecto de tipo 2 (resolver un problema o pregunta), concretamente, con el tipo estudios de caso (en los que se presenta un escenario que sugiere o presenta explícitamente preguntas).

Si bien *a priori* podría parecer que ambos enfoques trabajan los mismos contenidos (cómo eran, cómo se alimentaban, cómo vivían y qué tipos de dinosaurios existieron), en realidad en el segundo caso aparecen nuevos contenidos, relacionados con cómo se trabaja en paleontología (cómo se recogen y analizan datos), habilidades de pensamiento propias de la ciencia (sacar conclusiones de datos). Y requiere un dominio de los contenidos (en particular, de anatomía comparada) bastante más profundo.[17]

Pero hay una diferencia aquí que me parece relevante: el propósito. El propósito compartido con el alumnado en la segunda propuesta no es aprender sobre dinosaurios, sino elucidar qué pasó en este lugar hace millones de años. Y a mí esta diferencia me parece esencial: nos permite **distinguir entre los proyectos de tipo 4, cuyo propósito explícito es aprender un contenido concreto** (proyectos de *Queremos saber/aprender a...*) y los **proyectos de tipo 1, 2 y 3, cuyo propósito** (elaborar un producto, resolver un problema o

17. Creo que es esencial decir esto, porque en el mundo del conocimiento real ningún paleontólogo se va a sentir impresionado porque alguien conozca de memoria nombres o tipos de dinosaurios o nombres de los huesos que los componen. Solo las personas que no trabajan realmente en Ciencia ensalzan algo así. En cambio, preguntas del tipo: «Si tienen unos huesos parecidos a los de los reptiles actuales, ¿eso podría indicar que caminaban como ellos?» son las que hacen que una paleontóloga del mundo real levante las cejas y sonría, porque son el tipo de cosas que sí que merecen un respeto desde el punto de vista de la Ciencia. Tarde o temprano, también el currículum caminará hacia lo que se considera relevante en la Ciencia de verdad.

pregunta, disfrutar de una experiencia estética) **es distinto del aprendizaje, pero requiere de forma instrumental aprender un contenido concreto** (proyectos de *Queremos hacer/resolver...*). Este propósito «instrumentalizador» me parece crucial, pues, además de provocar la aparición de nuevos objetivos de aprendizaje relacionados con cómo la Ciencia, la Tecnología o las Matemáticas generan conocimiento, juega un papel en algo fundamental como es la relación del alumnado con el aprendizaje: genera una necesidad genuina de aprender.[18]

Este aprendizaje a través del papel «instrumental» de los contenidos a aprender es lo que hace que a menudo el ABP se plantee como «metodología constructivista» (*sic*).

El #constructivismo, el construccionismo y el socioconstructivismo

En la década de 1940 Jean Piaget expuso que aprender no significa «registrar» informaciones tal como llegan, sino que **uno va construyendo y conectando ideas en su cerebro mediante su interacción con los fenómenos y la realidad**. Una valiosa idea de fondo es que los significados no pueden meramente «transmitirse» de una persona a otra, o de un cerebro a otro, sino que son construidos por el propio cerebro. Así que, según Piaget, en lugar de *decirle o dictarle* la realidad al alumno, uno debería buscar modos productivos de ponerlo en contacto directo con esa realidad para la cual debía construir significado. Su teoría acabó llamándose **#constructivismo** y supuso un salto enorme en la educación. A los intentos de crear situaciones de aprendizaje que se ajustaran a esa teoría sobre cómo aprendemos le debemos muchas de las imágenes de escuelas donde los niños tocan, experimentan y manipulan. Tiempo más tarde, Seymour Papert (1991) incorporó la idea de que no bastaba con «poner en contacto» con la realidad mediante interacciones prospectivas, sino que había que promover algún tipo de acción que implicara resolver un conflicto, como sería construir artefactos o textos, a lo que denominó **#construccionismo**.

A John Dewey (1958) y Lev Vigotsky (1977) esta teoría les parecía incompleta. Ellos daban mucha importancia a la reflexión y la abstracción que se produce cuando debatimos con otros acerca del significado de las cosas, a la construcción social del conocimiento. ¿Cómo iba alguien a construir significados simplemente interaccionando con hechos y objetos, sin conversación sobre ellos y sin lenguaje?

18. Íntimamente, me es difícil abandonar la idea de que Kilpatrick se hizo en su opúsculo un poco de «trampas al solitario». Quiero decir que, para compartir con el alumnado la gestión de los aprendizajes (lo que ocurre en los proyectos de tipo 4), no es necesario que llames a eso *proyecto*. En cambio, la presencia de un propósito externo (lo que ocurre en los proyectos de tipos 1, 2 y 3) sí que es algo esencialmente distinto que justifica darle un nombre como «método de proyectos». Se me perdonará la simplificación y la soberbia de pretender enmendarle la plana a Kilpatrick. Simplemente, este pretende ser un libro corto y operativo y no tenemos tiempo de andarnos con sutilezas.

La incorporación de esta capa comunicativa al constructivismo recibió el nombre de **#socioconstructivismo.** Según el **#socioconstructivismo**, **el conocimiento no emerge de la mera experimentación directa con la realidad, sino del diálogo y pensamiento con otros sobre dicha experimentación, y del desarrollo del lenguaje** (Dewey, 1958). A los intentos de crear situaciones de aprendizaje que se ajustaran a esa teoría sobre cómo aprendemos le debemos la insistencia actual en los debates y los grupos cooperativos en las aulas[19].

> *Ningún pensamiento, ninguna idea, pueden ser transmitidos como idea de una persona a otra. Cuando se cuenta, es, para quien se lo cuentan, otro hecho más, no una idea. [...] Pero lo que obtiene directamente no puede ser una idea. Solo esforzándose de primera mano con las condiciones del problema, buscando y encontrando su propia solución, esa persona logrará pensar* (Dewey, 1916).

A pesar de que a menudo se habla de forma general de esas teorías como «metodologías constructivistas», en realidad **no son enfoques metodológicos** (algo que diga cómo debemos enseñar), **sino que constituyen una teoría** (bastante contrastada y consensuada) **que describe cómo aprenden los alumnos** (y las personas en general). Creo que es básico resaltar esto, porque en ocasiones hay personas que se rompen los sesos para escoger si hacer que sus alumnos aprendan de forma constructivista o no. Pero los alumnos *siempre* aprenden de forma constructivista, independientemente de lo que haga el docente.

Cuando un profesor cree que «transmite» conocimientos (*a.k.a.* «leer PowerPoints»),[20] en realidad está transmitiendo información para que el alumno la use para construir conocimientos. Algunas veces, los alumnos son capaces, por sí mismos y de forma casi clandestina, de iniciar un diálogo mental con sus conocimientos previos y experiencias, formularse preguntas y construir conocimientos incluso en un escenario tan poco propicio. Pero la mayoría de las veces, y para la mayoría de los alumnos, ello requiere conflictos o situaciones que promuevan esos procesos.

Así que, **cuando se habla de *metodologías constructivistas*, no estamos hablando de metodologías que cambien el modo de aprender de los alumnos,** sino de metodologías que procuran ajustar el diseño de la acción docente a lo que sabemos sobre cómo aprenden los alumnos.

19. Cuando el ABP insiste en trabajar en equipos y comunicar los productos elaborados, lo hace en gran parte para dar espacio a este requisito que tiene el hecho de aprender.

20. Es cierto que existe un tipo de clase con estructura expositiva, las clases *magistrales*, en las que los alumnos sí que aprenden. Son aquellas en las que el docente no está hablando y punto, sino que interpela a los alumnos, les hace preguntas, provoca diálogos con ellos en los que se analizan problemas sobre lo que se está explicando y se buscan soluciones. Lo que ocurre es que, en la práctica, este método solo puede apuntar a reflexiones, análisis y diálogos que puedan resolverse de manera individual, inmediata y espontánea, y no facilita que *todo el mundo* participe o piense. Lo que encuentro contradictorio en esta defensa de las clases magistrales es que se legitiman justamente en que «tienen un poco» de lo que propone el ABP. Entonces, si lo bueno de las clases expositivas cuando son magistrales es que «tienen un poco» de ABP, ¿por qué no hacer ABP?

Estas metodologías no niegan la necesidad de información para crear conocimiento, sino que pretenden crear escenarios que promuevan de forma más directa y menos clandestina que todo el alumnado transite por ese proceso de establecer esos diálogos con la información. De modo que el construccionismo y el socioconstructivismo no dicen que no puedan «darse» clases magistrales. Simplemente, lo que se aporta en ellas son, para el estudiante en ese momento, solo hechos o informaciones. Y no se convertirán en ideas si no tiene que «hacer algo» complejo con ello y ese algo no se desarrolla de un modo social.

Ahí yace el que creo que es el argumento básico para optar por el ABP: para que haya conexión y transformación, no basta con «hacer accesible» (explicar bien, usar metáforas, etc.) la información nueva. Hay que «hacer cosas mentales» en contexto con esta, tiene que adquirir sentido *dentro del cerebro* del aprendiz en el proceso de *pensar algo* y *comunicar sobre ello*.

Los proyectos de tipos 1 y 2: elaborar un producto / resolver un problema

A pesar de que lo que «cabe» dentro del ABP es un rango muy amplio de actividades, cuando hablamos de ABP solemos referirnos a las que desarrollan los propósitos «elaborar un producto» o «resolver un problema» (tipos 1 y 2) (Larmer, Mergendoller y Boss, 2015), y en ellos nos centramos en este libro.[21] En general (aunque esto puede variar un poco), los proyectos de tipo 1 (productos) acostumbran a representarse como un encargo con una frase en infinitivo, mientras que los proyectos de tipo 2 (problemas) lo hacen como una pregunta. Como hay distintos modos de concretar estos dos tipos de proyectos, he creído interesante desglosarlos en la tabla 2 con diferentes ejemplos, a fin de poder referirnos después a ellos y porque creo que quizás puede servir al lector para darse cuenta de que, en sus propias actividades, ya existen ejemplos de ABP.

TIPOS Y PROPÓSITO		EJEMPLOS
1. Productos	**Físicos:** orientados a la elaboración material o mejora de algún artefacto tangible (Larmer, Mergendoller y Boss, 2015).	– **Construir** un puente que pueda sostener 2 kg. – **Elaborar** una prótesis para un paciente concreto. – **Fabricar** una maqueta de un envase con un volumen y una superficie determinados. – **Mejorar** un cochecito de bebé.

21. Al ir observando distintos centros, me ha parecido observar una separación por etapas: en primaria suele optarse por proyectos de tipo 4 y en secundaria, por proyectos de tipo 1 o 2.

TIPOS Y PROPÓSITO		EJEMPLOS
1. Productos	**Virtuales**: resultan en la elaboración de un **artefacto digital** (un programa, simulación o diseño 3D) (López, Couso y Simarro, 2020).	– **Programar una simulación** virtual de una misión por el sistema solar. – **Diseñar un emulador** de ecuaciones que visualice gráficamente cambios en los parámetros. – **Elaborar un diseño 3D** de un hospital mediante Minecraft o Sketch Up. – **Crear una base de datos para** la gestión del tráfico urbano.
	Servicios: lo que se pretende conseguir es resolver alguna necesidad, aunque no requiera crear un producto físico ni virtual, sino realizar una acción. Los proyectos de **aprendizaje-servicio** pertenecen a este tipo. Algunas veces implican elaborar también productos físicos o virtuales (Martín, 2016).	– **Enseñar a hacer** un experimento o resolver problemas matemáticos al alumnado de primaria. – **Ayudar a** residentes de la residencia de personas mayores a configurar sus teléfonos y *apps*. – **Organizar un sistema de** seguimiento y atención a personas con problemas de salud. – **Crear una campaña informativa** sobre pseudociencias en el barrio.
2. Problemas	**Indagación:** se parte de fenómenos y situaciones y se orienta la acción a la obtención de datos que permitan **identificar pautas o leyes que *describan* lo que ocurre**, hasta el punto de poder efectuar predicciones. Suele requerir el diseño de experimentos o análisis de fuentes de datos (Caamaño, 2012; Hodson, 1994; Domènech-Casal, 2004).	¿Qué efecto tiene la luz en el crecimiento de las plantas? ¿Existe una relación entre el uso de plásticos y la degradación ecológica? ¿Hay alguna diferencia entre conectar las resistencias en una disposición y otra? ¿Cuál es el consumo eléctrico de nuestro instituto?
	Modelización científica o matemática: se parte de fenómenos o situaciones y se **buscan los modelos o *causas que expliquen* o rijan su funcionamiento**, hasta el punto de poder transferirlo a la explicación de otros fenómenos. Suelen requerir la formulación de hipótesis (Windschitl, Thompson y Braaten 2008; Couso, 2014; Gámez, Rodríguez y Ramírez, 2021).	¿Por qué unos materiales flotan y otros no? ¿Qué función **matemática rige** el funcionamiento de este reloj de agua? ¿Qué podemos predecir **que ocurrirá si** la variable A duplica su valor? ¿Por qué? ¿Cuál de estos dos juegos de azar tiene una mayor esperanza de pérdida, **y por qué?**
	Estudios de caso: se parte de un escenario concreto, con distintas pruebas (cognitivamente, de un modo parecido al escenario de un crimen), en el que hay que diagnosticar o determinar qué ha ocurrido o está ocurriendo y, eventualmente, qué solución podría tener. Suele requerir el análisis de datos en distintos formatos (Herreid, 1994; Wasserman, 1999; Cliff y Nesbitt-Curtin, 2000; Domènech-Casal, 2017).	¿Quién mató al bibliotecario? ¿Qué factor del sistema está contaminando la laguna? ¿Por qué murió este paciente? ¿Dónde está el fallo en el programa? ¿A qué enfermedad corresponden los datos de este paciente? ¿Cómo puede resolverse la disfunción de esta máquina compleja? ¿Qué estrategia sería útil para mejorar la situación?
	Controversias sociocientíficas o tecnológicas: se parte de un escenario/dilema abierto en el que hay que tomar una decisión que está participada por la ciencia y la tecnología, pero también por valores personales y sociales. Suele requerir la consulta de fuentes con distintos posicionamientos y debate (Sadler, 2009; Kolstø, 2001; España y Prieto, 2010; Díaz y Jiménez-Liso, 2012; Domènech-Casal, 2017).	**¿Deberíamos aceptar** la instalación de la central de energía nuclear? ¿**Es ético** el uso de *big data* con datos anonimizados de la ciudadanía para controlar la evolución de un virus? ¿Y para seguir las preferencias de consumo de la ciudadanía? ¿Autorizamos el cultivo de transgénicos en las explotaciones agrarias del municipio? ¿Gestación subrogada, **sí o no**? ¿**Qué normativa debería regir** el uso de drones?

Tabla 2. Distintos enfoques orientados a productos y problemas en ABP.

Es habitual que algunos proyectos, de hecho, reflejen a la vez más de uno de estos tipos de forma interdependiente. Generalmente, porque se ocupan

de resolver un problema o pregunta, pero su resolución o comunicación exige de forma secundaria elaborar un producto. Por ejemplo: es posible que en un proyecto de estudio de caso donde analizamos por qué falla un algoritmo, una vez diagnosticada la causa del error, trabajemos en su resolución mejorando su diseño.

Hemos visto distintos tipos de proyectos según su propósito. Dado que es difícil hacerse cargo «como un todo» de lo que implica diseñar un proyecto, voy a dividirlo en dos partes. En primer lugar, veremos cómo definir el propósito de un proyecto y su relación con el aprendizaje que deseamos promover (lo que yo llamo *núcleo del proyecto*) y, luego, trataremos cómo se «ordena» esto como secuencia en el aula.

2. El núcleo del proyecto: #contenido, #conflicto y #contexto

En ABP, la existencia del propósito es como una «capa» que incorporamos al diseño de nuestras actividades, para que actúen como «motor» del aprendizaje, pero al mismo tiempo implica complejidades en el diseño didáctico. Por más que algunas visiones del ABP defiendan que sea el alumnado quien formule el propósito del proyecto (las preguntas, los escenarios, los retos o los problemas...), desde mi punto de vista, es difícil asegurarse de que el proyecto resultante tenga una conexión consistente con los contenidos que hemos de enseñar. Por ello, en este libro lo que planteamos es que los proyectos sean diseñados por los docentes, aunque después (en su secuenciación) puedan incluir etapas o partes en las que el alumnado participe en la formulación de preguntas o toma decisiones.

Pero, aun así, no es fácil. Y creo que se entenderá mejor con un ejemplo.

Cuando, hace seis cursos, decidimos hacer un proyecto sobre estrellas y constelaciones, nuestra idea inicial era que, agrupados por equipos, los alumnos eligieran una constelación y elaboraran un póster divulgativo sobre ella para colgarlo en los pasillos del centro. Al plantear la evaluación (con una rúbrica abrumadora con infinidad de hileras, más grande que los pósteres en sí) surgió *la pregunta*: «¿Qué estamos evaluando en un póster divulgativo?». *Combinación de colores, tipo de letra, calidad de la imagen, redacción correcta, uso de texto narrativo...* Ahí nos dimos cuenta de que algo no cuadraba: por un lado, queríamos que aprendieran ideas profundas y científicas sobre constelaciones, pero, por el otro, lo que proponíamos era un tratamiento muy superficial del tema, en el cual el conflicto al que tenían que enfrentarse los alumnos era, simplemente, cómo comunicar de un modo estético, atractivo y lingüísticamente correcto una serie de informaciones. Esto es algo que también está bien aprender, pero que en principio no era nuestro objetivo de aprendizaje. De algún modo, en el diseño del proyecto, el conflicto (*lo que había que resolver*) se había encaramado en el contexto (*en qué situación y para quién tenía sentido*), desvinculándose del contenido (*lo que queríamos que aprendieran*) (figura 2). ¿Y por qué digo esto? Porque «poner bonitos» en un póster una serie de contenidos no es instrumentalizarlos.

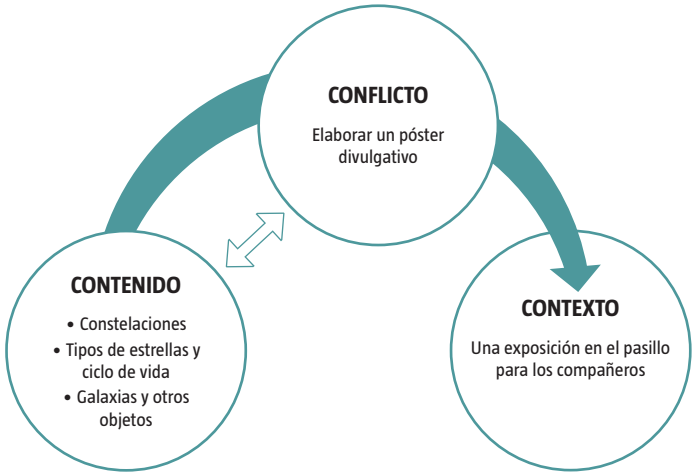


Figura 2. Representación gráfica de cómo el conflicto acaba desvinculado de los contenidos en el síndrome «dónde está la bolita».

Yo llamo a ese fenómeno el #síndrome **«dónde está la bolita»**, en referencia al célebre timo de los cubiletes y la bolita,[22] y nos ocurre a menudo en el diseño de proyectos. Mientras estamos atareados diseñando, el conflicto se ha desentendido de los objetivos de aprendizaje[23] y no instrumentaliza el contenido.[24]

Nuestro proyecto de constelaciones necesitaba redefinir el conflicto para arrastrarlo de nuevo hacia el contenido, es decir, conseguir que fuera necesario «usar» esos contenidos (no solo retransmitirlos) para «hacer algo».[25] Aquello fue el embrión del proyecto *xyzStars*, que describimos más adelante en este libro. Y creo que mostrar aquí su núcleo permitirá entender mejor a qué me refiero cuando hablo de la relación entre contenido y conflicto (figura 3).

22. Conocido como «el trile», se trata de un timo en el que el jugador apuesta a identificar en qué cubilete se aloja una pequeña bolita, que el timador cambia de lugar mediante hábiles movimientos de dedos.

23. Debe existir, en algún lugar del metaverso, el Boulevar de los Objetivos de Aprendizaje Perdidos, y lo imagino con música de Joaquín Sabina.

24. En este libro vamos a denominar *contenido* a los objetivos de aprendizaje. No pretendo crear confusión con esta sinécdoque, y con *contenido* identifico «Cosas a aprender», incluyendo tanto conceptos como habilidades o actitudes. He elegido hacerlo así porque creo que ayuda a comunicar que los proyectos no son opuestos a los contenidos, sino un modo de conseguirlos. Y tiene el plus de la paronimia (CONtenido, CONflicto, CONtexto), que es ocurrente, y, mira, eso que nos llevamos. Para no repetirnos, todo lo referente a la interdisciplinariedad de los contenidos, lo tratamos en el segundo capítulo de este libro, sobre STEM.

25. En ocasiones, se intentan «conflictivizar» los proyectos creando propósitos artificiales poco verosímiles y desvinculados de los contenidos, mediante juegos o competiciones, como se hace con la **#gamificación** o los **#escape rooms.** Desde mi punto de vista, eso es interponerse en la relación entre el alumnado, el conocimiento y el mundo real. Creo que puntualmente esas aproximaciones pueden servir para motivar a algún grupo en concreto o facilitar una **#transposición didáctica**. Pero, aunque compartan con el ABP la visión del aprendizaje como algo «activo», en general construyen una relación poco genuina con el aprendizaje y, cuando son aplicadas como parte de un ABP, constituyen un elemento distorsionador.

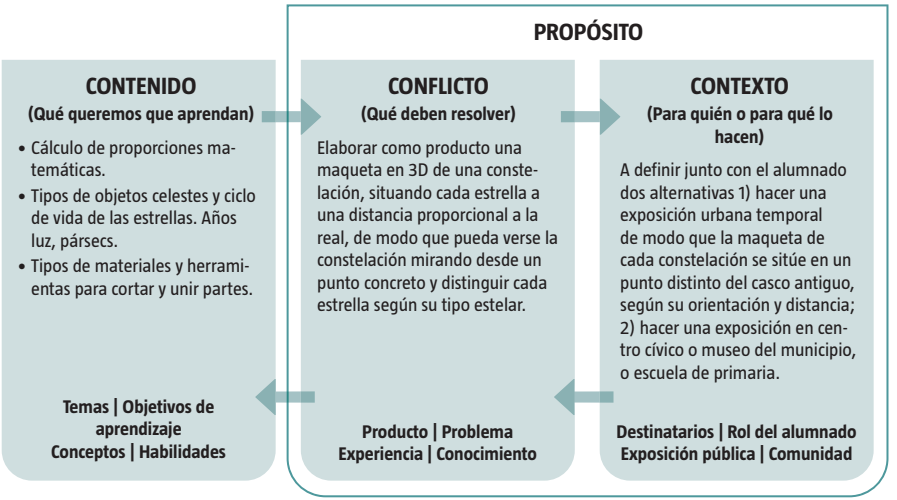


Figura 3. Núcleo del proyecto *xyzStars*. El proyecto completo se describe más adelante en el bloque 3.

Por otro lado, con relación al contexto, conviene tener presente que un propósito, para que sea completo, además de un conflicto debe tener algo que le dé un sentido (Sanmartí y Márquez, 2020). A esto lo llamaremos ***#contexto*** y con él identificamos dos cosas:

- El **contexto de los contenidos** (el fenómeno o situación del mundo real: un ascensor, un valle fluvial concreto o una puesta de sol).
- El **contexto de la actividad** (el destinatario, audiencia, aplicación o utilidad que tenga la resolución del conflicto: una comunidad de vecinos, la regiduría de medioambiente o el museo municipal).

Podemos llamar a estos tres elementos (*contenido*, *conflicto* y *contexto*) el **#núcleo del proyecto**, y creo que la figura 4 puede ayudarnos a estructurarlos un poco en dos narraciones que discurren en paralelo: la narración del aprendizaje y la narración del proyecto, o propósito.

Diseñar correctamente el núcleo del proyecto es clave para que no nos ocurra lo del #síndrome «dónde está la bolita» que hemos mencionado. Antes de pasar a proponer modos de diseñar el núcleo, quiero hacer algunas puntualizaciones sobre el **#contexto**. En ocasiones, diseñar proyectos en **#contextos reales** puede ser logísticamente complicado (se han de pedir permisos, establecer colaboraciones con instituciones o agentes reales, etc.) o puede no estar cognitivamente al alcance del alumnado (determinados contextos pueden estar participados por conceptos o habilidades demasiado complejos para la etapa educativa de nuestro alumnado).

Esto suele resolverse usando lo que yo llamo **#contextos verosímiles**. Es decir, emulaciones escolares de contextos reales que nos permiten simplificar logística o cognitivamente el contexto real para adaptarlo al aprendizaje

Narración del aprendizaje	Narración del proyecto (propósito)	
CONTENIDO	**CONFLICTO**	**CONTEXTO**
Cuáles son los objetivos de aprendizaje. ¿Qué temas queremos desarrollar? ¿Qué conceptos deben aprender los alumnos? ¿Qué habilidades tienen que adquirir? ¿Qué valores, actitudes o posicionamientos epistémicos queremos promover?	**Cuál es el reto o demanda que se hace a los alumnos.** ¿Elaboran un producto? ¿Resuelven un problema? ¿Se preparan para disfrutar de una experiencia estética?	**Qué da sentido...** **Al contenido** (qué fenómeno o situación) ¿Se vincula a alguna situación real o verosímil? **Al conflicto** (para qué o para quién lo hacen) ¿Cuáles son los destinatarios? ¿Cuáles son los roles del alumnado? ¿Hay una audiencia/exposición pública? ¿Se trabaja en colaboración con algún otro agente o comunidad?

Figura 4. Elementos del diseño del núcleo de un proyecto. En los proyectos del Itinerario Minerva que describimos en el capítulo 3 hay más ejemplos de núcleos de proyectos que pueden ayudar a comprender la distinta naturaleza de cada elemento del núcleo.

de nuestro alumnado. Lo son los congresos científicos escolares, las ferias tecnológicas educativas o la propuesta de casos o retos creados *ad hoc*.[26]

Hay, además, otra distinción para ayudarnos a pensar sobre los contextos. Si un contexto conecta con intereses del alumnado o de la sociedad, decimos que es un **#contexto relevante.** Si un contexto permite conectar contenidos curriculares, decimos que es un **#contexto significativo.** Puede haber contextos relevantes pero que no sean significativos (muchos juegos de ordenador lo son) y contextos significativos que no sean relevantes (no, profes: un huerto escolar no es por sí mismo relevante a menos que los alumnos tengan interés previo en los huertos o se conecte con problemáticas globales). No voy a rascar más aquí, porque creo que no necesitamos más profundidad. Veamos modos de diseñar el núcleo de un proyecto.

2.1. Estrategias de definición del núcleo del proyecto

Las situaciones o contextos del mundo real están repletos de contenidos, y me he dado cuenta de que, en general, usamos tres estrategias para vincularlos a un conflicto, que creo que pueden ser complementarias:

26. En el Itinerario Minerva, son ejemplos de contextos verosímiles el proyecto *Mission to Stars* (en el cual el alumnado presenta a un tribunal constituido por profesores su proyecto tecnológico de una misión espacial) o el proyecto *Drug Research* (en el cual los datos de partida que usan los alumnos y los productos finales son elaboraciones simplificadas de los que se usan en el mundo real).

Estrategia contexto → contenidos (top-down)

Implica partir de un contexto o situación de la vida real para, a partir de ahí, elaborar un conflicto e intentar identificar qué contenidos podemos trabajar.

La imagen de Neil Harbisson era realmente sugerente: se trata de la primera persona que ha visto reconocido su carácter cíborg. Harbisson no percibe los colores, e instaló un detector conectado directamente con su cerebro que le permite «transformar» las señales luminosas en sonidos, por lo que se puede decir que «oye» los colores. Había una mina de contenidos en este contexto (detectores, interfaces, actuadores, sistema nervioso y neuronas, frecuencias...). La dificultad radicaba en cómo problematizarlo y ajustar el conflicto a los contenidos que correspondía que nuestros alumnos aprendieran. Diría que salimos airosos (figura 5) tras varios intentos, como se describe más adelante en este libro. Pero lo que me parece relevante de este ejemplo es cómo el diseño de un proyecto puede partir de una simple noticia de periódico.

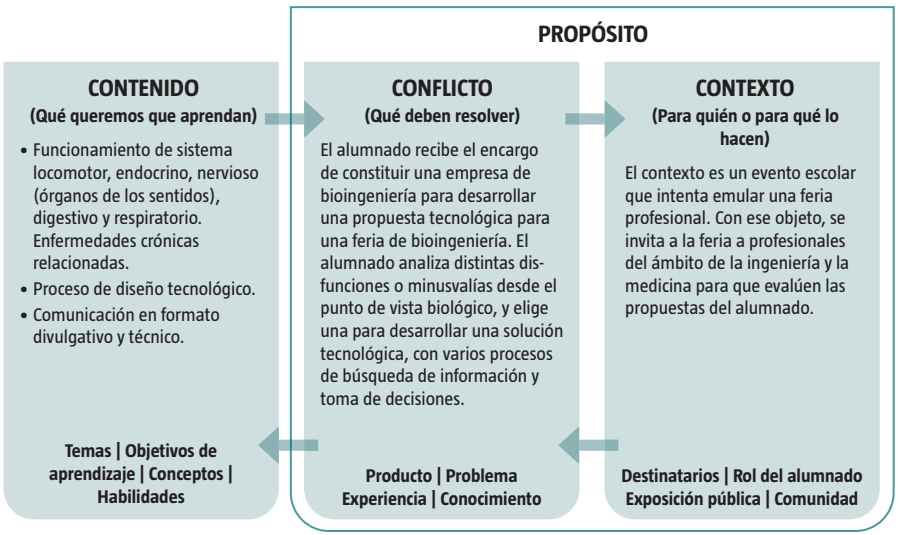


Figura 5. Núcleo del proyecto *Cyborg* diseñado mediante la estrategia contexto-contenido. El proyecto completo se describe más adelante en el capítulo 3.

Esta estrategia suele partir de **#contextos reales** y es la que se suele presentar como «genuinamente» ABP, si bien no veo claro que sea mejor que la siguiente, en particular porque cuesta mucho que los contextos del mundo real dé la casualidad de que estén participados justamente por los contenidos que corresponden al currículum del curso en el que estamos. Asimismo, dificulta que puedan reciclarse los proyectos, porque los contextos o situaciones del mundo real pueden cambiar de un curso para otro. Posiblemente por esa razón, ese enfoque de diseño sea más frecuente en primaria, donde el currículum permite más elasticidad.

Estrategia contenidos → contexto (bottom-up)

Se parte de unos contenidos determinados para, a partir de ahí, buscar contextos de la vida real en las que esos contenidos juegan un papel. Por ejemplo, cuando nos planteamos qué contexto del mundo real podía instrumentalizar los conceptos de movimiento y fuerzas que queríamos trabajar, hubo una lluvia de ideas en la que aparecieron contextos como el funcionamiento de los ascensores, las carreras de coches, las naves espaciales (hubo ahí un momento de emoción hablando de la película *The Martian*) y los accidentes de tráfico. Este último contexto nos pareció más interesante que los otros, porque permitía proponer situaciones en las que hubiera que argumentar, desde la ciencia, si un accidente era físicamente posible. Un conflicto. El proyecto fue creciendo como estudio de caso, como se describe más adelante en el proyecto *CRASH* de este libro, y terminamos incluso desarrollando un contexto verosímil (el peritaje en los juicios sobre accidentes) (figura 6).

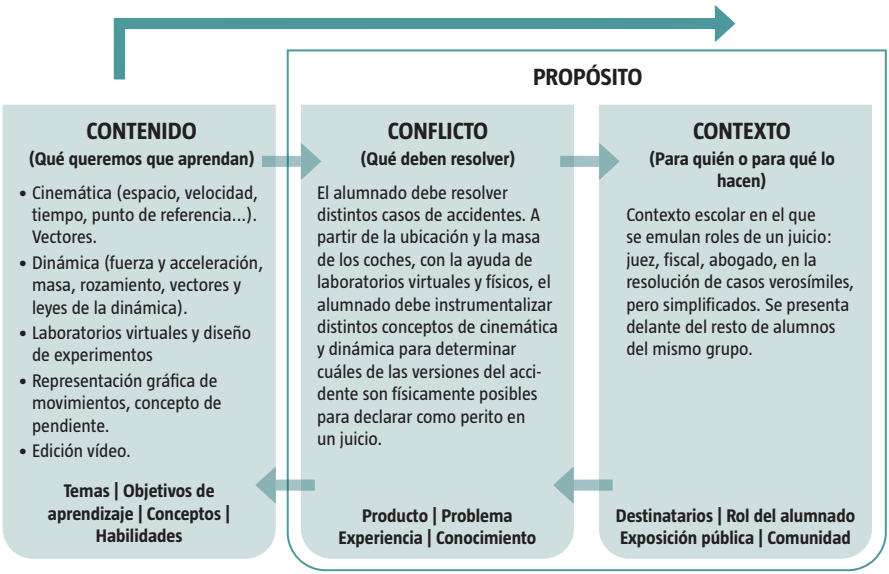


Figura 6. Núcleo del proyecto *CRASH*, diseñado mediante la estrategia contenido-contexto. El proyecto completo se describe más adelante en el capítulo 3.

Aunque no siempre es así, esta segunda estrategia suele conllevar el diseño de **#contextos verosímiles**, es decir, representaciones escolares simplificadas de contextos reales. Al ser contextos construidos *ad hoc* por el docente, es más fácil conseguir que se ajusten al currículum, y es una estrategia más frecuente en secundaria, donde el currículum es más rígido.

Estrategia «capas de cebolla»

Cuando vemos proyectos construidos por otros, muchas veces nos llevamos las manos a la cabeza: «Nunca seré capaz de diseñar algo tan complejo». Yo llamo a esto la «mirada creacionista» de los proyectos, que asume que los proyectos se crearon en un día, alguien se levantó de la cama, y el proyecto totalmente diseñado hizo «¡Plop!» en su cabeza. Y en esta mirada falta una parte importante de la historia. Los proyectos que se comparten y se describen en blogs, redes sociales y demás generalmente no «nacieron» así, de un día para otro. Han evolucionado a partir de actividades breves, que fueron creciendo sobre algo «que ya funcionaba» (a menudo un dueto contenido-conflicto sencillo) a base de otorgarle contexto, nuevas funcionalidades y mayor complejidad. A esto lo llamo la «mirada evolutiva» de los proyectos.

En el caso del proyecto *Drug Research*, la cosa fue así. La ficha que propuse a mis alumnos para trabajar la mitosis era un ejercicio de clase que duraba 15 minutos. Era una imagen de microscopía de un tejido con unas 200 células, algunas en distintas fases de la mitosis (división celular), que había elaborado yo juntando como si formaran parte de una misma imagen distintas imágenes de células (figura 7).

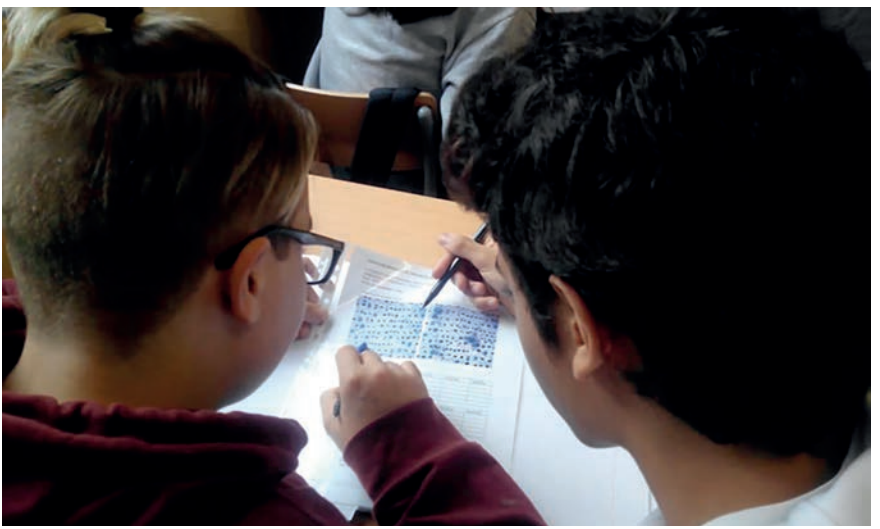


Figura 7. Alumnos analizando imágenes de células e identificando las que se encuentran en mitosis.

Tenían que contar cuántas células estaban en cada fase, con lo que yo quería que aprendieran a diferenciar las características de cada fase (como la forma de los cromosomas). Al año siguiente, viendo que funcionaba, se me ocurrió intentar contextualizar un poco esa actividad. Les di dos imágenes, que identifiqué como tejido canceroso, una como «antes del tratamiento» y otra como «después del tratamiento», con la demanda (conflicto) de que determinaran si el tratamiento anticancerígeno era eficaz, midiendo la dismi-

nución de mitosis.[27] La actividad duraba ya 30 minutos y se hacía en parejas, pero había conseguido incorporar nuevos contenidos, como la representación de datos en diagramas de barras, la relación de la mitosis con el cáncer y una técnica de diagnóstico, conservando el contenido inicial: diferenciar las características de cada fase de la mitosis. Seguí.

Al año siguiente, tuve la idea de «inventar» tres medicamentos diferentes y distintas condiciones de dosis y tiempo de administración, y que los alumnos realizaran los análisis de las muestras de distintos tratamientos, intentando identificar cuál era el mejor tratamiento, y qué efecto tenían el cambio de dosis y el tiempo de tratamiento. Aquello llevó a que la actividad tuviera ahora 20 fichas, durara 4 horas y hubiera que hacerla en equipos de tres alumnos. Y con eso estábamos trabajando también conceptos sobre el diseño de experimentos (*variable dependiente*, *independiente*, *controlada*...).

Los contenidos de aprender a comunicar científicamente, conocer la naturaleza de la Ciencia, tratar matemáticamente los datos y aspectos éticos y tecnológicos del desarrollo de fármacos se incorporaron el curso siguiente, en la que fue la primera versión del proyecto *Drug Research* del Itinerario Minerva, de más de 10 sesiones de duración, en el cual los alumnos acaban escribiendo un artículo científico, que se describe más adelante en este libro. Y que tardó cuatro años en construirse, a ras de aula, creciendo a partir de lo que *ya* funcionaba y de lo que podía mejorarse (figura 8).



Figura 8. Representación esquemática de cómo el desarrollo del contexto promueve el reclutamiento de nuevos contenidos de forma relevante.

27. El cáncer es un proceso debido al descontrol en las mitosis (división celular), por lo que uno de los procesos de diagnóstico es el contaje del porcentaje de células que se encuentran en mitosis en una muestra de tejido. Si hay un exceso de mitosis respecto a lo que cabría esperar en ese tejido, puede ser indicio de inicio de un proceso tumoral.

Lo que pretendo decir con esto es que los proyectos pueden construirse a partir de actividades breves, a las cuales les añadimos «capas» que ayudan a incluir más objetivos de aprendizaje y a hacerlos más relevantes, de modo que, al incorporarse, cada «capa» recluta, a su vez, los contenidos que necesita (figura 8). Y me interesa subrayar que *ya estamos haciendo* actividades de calidad en el aula. No las abandonemos simplemente porque estamos en la «moda de los proyectos». Usemos las estrategias metodológicas de los proyectos para sacarles más jugo (más aprendizajes) a esas actividades (Domènech-Casal, 2016).

2.2. Tensiones en el diseño del núcleo de un proyecto

Las tres estrategias de diseño del núcleo del proyecto pueden darse de forma combinada (puedo partir de unos contenidos, a partir de los cuales emerge un contexto, que invita a incorporar más contenidos, y así en un círculo creativo). Pero, si nos dejamos llevar, podemos perder pie, y he identificado tres casos que creo que es útil tener presentes.

Caso 1. La ramificación de contenidos

A medida que en el diseño del núcleo «desplegamos» el contexto, van surgiendo nuevos contenidos («¡Y también podría trabajarse esto...!»), y en algún momento hay que parar. Es cierto que, para calcular el combustible que necesitarías para un globo aerostático, lo útil es un sistema de ecuaciones diferenciales (por cada incremento de combustible, también incrementa la masa y la energía necesarias). Pero, como describimos más adelante en el proyecto *Montgolfier Tournament*, ha de hacerse una #**transposición didáctica**, es decir, ajustar/simplificar/adecuar el conflicto a una versión escolar que permita trabajar los contenidos *al nivel que corresponde a su nivel educativo*. O sea, que ojito con fliparse.[28] Son alumnos y están aprendiendo.

Caso 2. El síndrome del #hilo conductor

Se produce cuando no logramos definir un conflicto que dé coherencia al conjunto. Lo habremos visto en propuestas del tipo: «Este trimestre haremos un proyecto sobre el agua». Cada docente propone una conexión desde su materia (propiedades físico-químicas, crisis hídrica planetaria, poemas sobre el agua, mitos sobre el agua, la hidratación en educación física...), pero no hay un conflicto que aglutine todo eso. A veces, ese funcionamiento como hilo conductor puede ser relevante para el alumnado. Por ejemplo, en el proyecto

28. Una cosa que hemos de tener en cuenta es lo que se llama *sesgo del experto*: para nosotros, expertos en nuestras materias, nos es difícil valorar la dificultad de procesos o conceptos que nos son sencillos. Un modo rápido es tantear la actividad con otro docente de otra área. Mi recomendación es ser delicados en esa consulta: hay docentes que no aceptan con deportividad constatar que no saben hacer algunas cosas que alumnos de 3.º de ESO sí que deben saber hacer.

Cyborg del Itinerario Minerva, en el cual el alumnado diseña prótesis para una feria tecnológica, se propuso hacer una lectura de *Frankenstein* y, aunque esta parte de la secuencia resultó algo desconectada del conflicto, aportó un marco interesante para la actividad, que ayudó a algunos alumnos a conectar con ella.[29] En otras ocasiones, en cambio, a fuerza de «meter cosas» el conflicto acaba difuminado y el alumnado ve que, simplemente, los docentes nos hemos puesto de acuerdo para tratar un mismo tema desde distintas perspectivas, configurando una especie de «puzle disciplinar» al que se suele llamar también ***#centro de interés***. Esto puede ser interesante como experiencia, pero nos lleva directamente a los proyectos de tipo 4: «Obtener una habilidad y conocimiento específico», en los que no se instrumentalizan los contenidos, porque no juegan ningún papel en la resolución de un conflicto.

Caso 3. La #carga del proyecto» y los #remanentes de aprendizaje

Son los nombres algo ostentosos que he dado (Domènech-Casal, 2019a y 2019b) a dos argumentos que se esgrimen en ocasiones contra el ABP como metodología. Y yo creo que tienen razón, pero también creo que no tienen razón. Me explico: supongamos que proponemos al alumnado como propósito la construcción de un pequeño barco de madera (conflicto) para participar en una carrera intercentros (contexto). Hay pasión, motivación y un montón de alumnos usando herramientas cortantes en un espacio muy pequeño (y serrín, montañas de serrín). Pretendemos que aprendan (contenidos) el modelo físico de flotación, el uso de herramientas para el trabajo con la madera y el diseño tecnológico (dibujo técnico incluido) (figura 9).

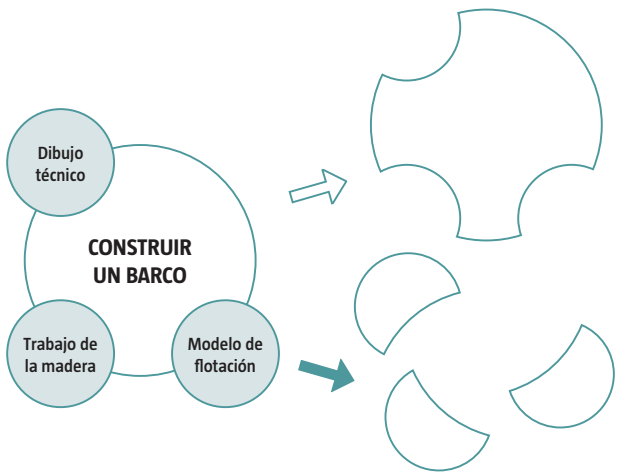


Figura 9. Esquema representando los remanentes de aprendizaje y carga del proyecto en la construcción de un barco.

29. Hablaremos en el próximo bloque del papel de las Artes en la enseñanza STEM.

Pero, en realidad, conseguir que un barco flote no requiere *per se* un dominio demasiado sofisticado del modelo de flotación. Con el modelo poco sofisticado de la diferencia de densidades tienes más que suficiente y no necesitas liarte con los conceptos de *presión hidrostática* o de *empuje*. Así que, siendo honestos, hemos de admitir que el proyecto permite desarrollar solo una parte del modelo de flotación. Quedará un #**remanente de aprendizaje**, cosas que tendremos que retomar en otra actividad futura. Ídem para los dos otros contenidos. Asimismo, pasará mucho tiempo en el que los alumnos estarán lijando, serrando y pegando cosas (incluso mesas, estuches y bolígrafos), en los que no estará muy claro qué estamos aprendiendo en ese momento (#**carga del proyecto**). Algún alumno con ampollas en las manos de tanto lijar vendrá y dirá: «Creo que ya he aprendido a lijar: ¿puedo parar ya?». Y, bueno, tendrás que decirle lo obvio: «¿Y el barco?». Mientras ese alumno se dirige a su mesa, considerando que tal vez debería haber diseñado el barco más pequeño,[30] nos centraremos en esos dos términos que hemos citado: **#carga del proyecto** y **#remanente de aprendizaje**.

Supongo que se capta que conviene, en el diseño del conflicto de un proyecto, disminuir la «carga del proyecto» y los «remanentes de aprendizaje». Es decir, que «lo que hacemos» coincida o se solape mucho con «lo que aprendemos».

Ciertamente, hemos de admitir que el ABP tiene una «carga metodológica» y deja unos «remanentes de aprendizaje». Pero esto no ocurre solo con el ABP. Ocurre con cualquier intento de enseñar o aprender. Incluso ahora, lector(a), que estamos usando una metodología transmisiva (yo escribo, tú lees), hay una carga metodológica. Yo tengo la esperanza de que estés aprendiendo algo útil, pero, seamos honestos: no todo el rato que lees estás aprendiendo algo (carga metodológica) y, probablemente, no lo habrás aprendido del todo hasta que hayas intentado usarlo (remanente de aprendizaje).

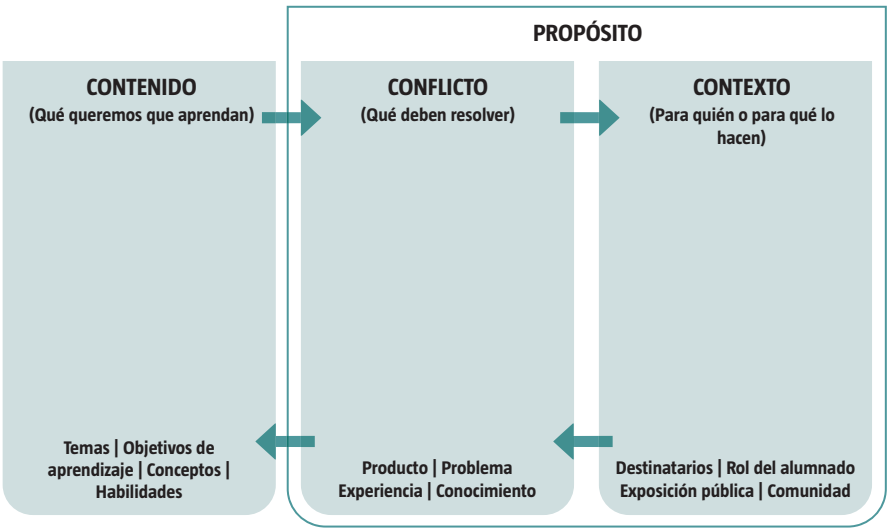
Lo mismo ocurre cuando nuestros alumnos están enfrascados en actividades como copiar enunciados, contestar a preguntas literales, memorizar u ordenar dosieres... Simplemente, estamos más acostumbrados a esas cargas metodológicas y, por eso, no las vemos y las asumimos como intrínsecas al proceso de enseñanza. Lo mismo pasa con los remanentes. Las metodologías transmisivas tienen un remanente muy importante: aunque emplees en el aula las palabras *densidad*, *presión hidrostática* o *empuje*, o incluso sus fórmulas, si los alumnos no saben reconocerlas y hacer #**transferencia** a contextos reales, ahí hay un remanente bastante notable. Un alumno que no puede usar sus conocimientos de densidad para explicar cómo lo hace una medusa para «flotar» debajo del agua, ¿ha aprendido, realmente, sobre densidad?

30. Siendo estrictos, este alumno habrá aprendido algo más: a planificar mejor el desarrollo de proyectos y que la estrategia «El nuestro será el más grande» no siempre es la mejor.

2.3. Actividad práctica: diseño del núcleo del proyecto número 9

Como hemos dicho en el prólogo, el Itinerario Minerva propone ocho proyectos, y mi expectativa es que, conforme avancemos en el libro, el lector diseñe el número 9, paulatinamente. En este punto, invito a diseñar el núcleo del proyecto con la ayuda del *canvas STEMABPZip*.[31] Propongo, a continuación, unos pasos a seguir y un espacio para hacerlo.

1) Elegir un curso académico e identificar y refrescar el currículum de Ciencias, Matemáticas y Tecnología correspondiente, para el cual se diseñará el proyecto.
2) Identificar posibles actividades que ya hayamos aplicado que puedan servir eventualmente como punto de partida. Usar las estrategias propuestas para decidir contenido, conflicto y contexto («capas de cebolla», *top-down, bottom-up*).
3) Perfilar la definición de *contenido*, *contexto* y *contenido* con la ayuda de las preguntas de la figura 4.
4) Revisar los ítems «Contexto» y «Conflicto» de la rúbrica *ABPMap* (tabla 5, páginas 73-75) y usarlos para mejorar el diseño del núcleo de tu proyecto.
5) Analizar los tres casos propuestos en la página 30 y valorar si es posible mejorar alguna cosa del diseño del núcleo.



31. Disponible en https://sites.google.com/view/itinerariominerva/andamios

Si desea más información o adquirir el libro diríjase a:

www.octaedro.com

Aprendizaje basado en proyectos para STEM
Breve manual práctico

A partir de experiencias llevadas al aula durante diez cursos académicos, el autor, profesor de secundaria con larga experiencia en este ámbito, explica en un tono franco y distendido –con anécdotas incluidas– cómo diseñar y aplicar proyectos basados en el aprendizaje basado en proyectos y en iniciativas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, por sus siglas en inglés).

Un cíborg, medicamentos anticancerígenos, tres accidentes de tráfico, una misión espacial, el mapa de una casa, una constelación, un globo aerostático y un simulador de ecosistemas constituyen ochos proyectos ABP STEM aplicados en el aula, que se describen en profundidad, aportando la secuencia, los materiales de aula y las publicaciones relacionadas, junto con una valoración de su aplicación. A lo largo del texto, se usan marcos teóricos y su conexión con ejemplos para orientar el diseño de ABP a fin de que constituyan experiencias de aprendizaje rigurosas. Se abordan, asimismo, aspectos sobre la gestión y la organización del aula y la evaluación.

Se proponen treinta apoyos (andamios didácticos) para desplegar el trabajo interdisciplinar entre las áreas STEM, en conexión con el desarrollo de destrezas STEM (pensamiento crítico, creatividad, pensamiento computacional, etc.) y distintos enfoques prácticos (controversias, datos remotos, sensores, *tinkering*, indagación, *design thinking*…). También se muestran logísticas de organización de centro (horarios, asignaturas…) para el despliegue ABP STEM en el centro educativo, incluyendo apoyos y orientaciones para el diseño y aplicación de planes de innovación.

El libro culmina defendiendo una mirada crítica y escolar sobre el enfoque ABP STEM, así como sobre la conexión entre la teoría y la práctica educativa, invitando al rigor profesional y a la voluntad de servicio como guías para la innovación docente.

Jordi Domènech Casal (1976-2023) era doctor en Biología y licenciado en Humanidades. Después de diversos años de dedicación a la divulgación científica y a la investigación básica en el campo de la genética, empezó a trabajar como profesor de secundaria en el curso 2007-2008. Fue profesor en el Instituto Marta Estrada, de Granollers, actividad que compaginaba con su labor como profesor asociado en el Departamento de Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias Experimentales de la UAB y como asesor técnico docente en el Servicio de Innovación y Formación en el Departamento de Educación. Publicó numerosos artículos de didáctica de las ciencias, participó en proyectos europeos de innovación en la enseñanza de las ciencias y recibió varios premios por su labor de divulgación científica e innovación educativa. Participó en espacios de innovación educativa (EduWikiLab, Betacamp, grupo LIEC) y coordinó e impartió cursos de formación y seminarios sobre enseñanza de las ciencias.



ISBN 978-84-19690-27-2

Octaedro

Horizontes Universidad