

HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA CIENCIA: UNA NECESIDAD Y TRES VÍAS PARA IMPLANTARLA EN LA EDUCACIÓN NO UNIVERSITARIA

EDUARDO DORREGO LÓPEZ

IES AFONSO X O SABIO; UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Resumen: *Entre las herramientas didácticas que se suelen proponer para una mejora de la comprensión de la ciencia por parte del estudiante no universitario, pocas veces aparece la historia y/o la filosofía; por ejemplo, a través de los cursos de formación del profesorado, gran parte de la oferta va por otro camino. Sin embargo, desde hace ya un tiempo han aparecido estudios que ponen muy en valor el rol que puede jugar en este contexto el realizar un acercamiento desde las humanidades a la ciencia en general, y a la matemática en particular, que es la disciplina científica sobre la que pondremos el foco. El objetivo de este capítulo será el mostrar tres proyectos que se llevan a cabo en el IES Afonso X O Sabio de la Barcala, Cambre (A Coruña), en el que se trabajan la historia y la filosofía de la ciencia usando, entre otros recursos, fuentes originales, y que derivaron en el establecimiento de una asignatura en el bachillerato dedicada por entero a ello.*

Palabras clave: *StemBach, historia y filosofía de la ciencia, herramientas didácticas.*

Història i filosofia de la ciència: una necessitat i tres vies per a implantar-la en l'educació no universitària

Resum: *Entre les eines didàctiques que se solen proposar per a una millora de la comprensió de la ciència per part de l'estudiant no universitari, poques vegades hi apareix la història i/o la filosofia; per exemple, a través dels cursos de formació del professorat gran part de l'oferta va per un altre camí. Tot i això, des de fa ja un temps han aparegut estudis que posen molt en valor el rol que pot jugar en aquest context realitzar un acostament des de les humanitats a la ciència en general, i a la matemàtica en particular, que és la disciplina científica sobre la qual posarem el focus. L'objectiu d'aquest capítol serà mostrar tres projectes que es duen a terme a l'IES Afonso X O Sabio de la Barcala, Cambre (La Corunya), en què es treballen la història i la filosofia de la ciència usant, entre altres recursos, fonts originals, i que van derivar en l'establiment d'una assignatura al batxillerat dedicada completament a això.*

Paraules clau: *StemBach, història i filosofia de la ciència, eines didàctiques.*

History and philosophy of science: a necessity and three ways to implement it in non-university education

Summary: *Among the didactic tools that are usually proposed to improve the understanding of science of non-university students, history and/or philosophy rarely appear; for example, the large part of the teaching training courses goes another way. However, from some time onwards, studies have appeared that highly value the role played by humanities to approach science in general, and mathematics in particular, which is the scientific discipline we will be putting the focus on. The goal of this chapter will be to present three projects that are carried out at the IES Afonso X O Sabio in la Barcala, Cambre (A Coruña), in which the history and philosophy of science is presented by drawing, among other resources, upon original sources, and which led to the establishment of a subject entirely devoted to it.*

Keywords: *StemBach, history and philosophy of science, didactic tools.*

Introducción

Enseñar una asignatura de ciencias puede resultar un reto por muchas razones, y tratar de determinar algunos de esos retos con el objetivo de llevar a cabo medidas que permitan abordar las dificultades que entrañan requiere realizar una búsqueda que no solo se quede en la superficie. Para ello, se hace necesario el uso de herramientas particulares que permitan sacar a la luz sutilezas que a primera vista podrían mantenerse en un segundo plano.

En una búsqueda superficial, parece claro que el reto más inmediato tenga que ver con la dificultad que más a la vista está; aquella que más claramente muestra la ciencia cuando se le plantea al docente la tarea de explicarla y al estudiante el ejercicio de comprenderla.¹ De hacer la búsqueda en base a este simple criterio, una más que posible respuesta sería el nivel técnico. Sin pretender realizar un ranking de ciencias difíciles, duras o exigentes, una de las primeras que la mayoría asocaría a este tipo de dificultades «a la vista» serían las matemáticas² por su nivel de abstracción cuando tratamos con el álgebra, la visión espacial que demanda si tratamos con geometría clásica, etc. Todo esto, por supuesto, acompañado del imprescindible ejercicio memorístico. Ahora bien, hay otro tipo de dificultades que no están tan a la vista. Pongamos un par de ejemplos que, aunque sencillos, servirán para aclarar esto. Supongamos que queremos explicar el concepto de «potencia». La explicación lleva consigo la dificultad de presentar una nueva notación, un cierto número de propiedades e, incluso, su aplicación para, entre otras cosas, definir potencias de exponente negativo y fraccionario. Pero hay un problema más sutil: cómo pasamos de un concepto simple a uno más complejo que, si bien no pierde su denominación, poco tiene que ver ya con lo que originalmente era. No podemos hablar de 2^{-3} o de $4^{1,5656\dots}$ usando el «viejo» marco de definición: $a^n = a \cdot a \dots a$ (n veces). ¿Por qué nos permitimos el lujo de generalizar de esta manera? ¿Quizá por utilidad? En ese caso: ¿qué lo justifica?, o, íntimamente relacionado: ¿Cuándo surge esto?

Otro ejemplo que se podría plantear exactamente en los mismos términos es el relacionado con el concepto de número. Supongamos que queremos introducir los números complejos a un grupo

1. Plantearemos este escrito desde el punto de vista del docente, a no ser que se haga mención explícita a lo contrario. En cualquier caso, no cabe duda de que la misma problemática se podría plantear desde el punto de vista del estudiante.

2. Dado que mi especialidad son las matemáticas, será esta la ciencia a la que haga referencia en esta discusión tanto explícita como implícitamente, aunque, por supuesto, parte de las ideas aquí contenidas se podrían trasladar a otras.

de estudiantes que, por el curso en el que se encuentran, desconocen el tema. Hay muchas complejidades que saltan a la vista: el recurso a la trigonometría, a la geometría o al cálculo, algo imprescindible para un primer acercamiento, pero hay otras complejidades, menos a la vista, que son de enorme importancia: ¿cómo justificar que $\sqrt{-1}$ es un número? O, de nuevo: ¿Por qué nos permitimos el lujo de generalizar de esta manera? ¿Quizá por utilidad? En ese caso: ¿qué lo justifica?, o, íntimamente relacionado: ¿Cuándo surge esto?

No se trata de resolver estas cuestiones en unas pocas líneas, sino de mostrar cómo una mirada atenta teniendo a mano las herramientas adecuadas permite sacar a la superficie problemas cuyo tratamiento en clase puede llegar a mejorar la enseñanza y, por lo tanto, la comprensión de la ciencia que se aborda. En el caso de las matemáticas, una de las preguntas que más la identifica es «¿por qué?», razón por la cual la historia y la filosofía se tornan ayudas particularmente adecuadas. En este capítulo se presentarán brevemente los tres proyectos que se están llevando a cabo en el centro de educación secundaria y bachillerato IES Afonso X O Sabio, y que crean espacios propios para la historia y filosofía de (en particular) las matemáticas en el marco de tres actividades de innovación y educación educativa: un club de lectura en torno al libro *Apología de un Matemático*, un (apartado del) club de ciencias en el que se presentan los *Elementos* de Euclides y un bachillerato STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) al abrigo del cual se imparte la asignatura de historia y filosofía de la ciencia.

Las humanidades en interacción con la ciencia: creando espacios fuera del aula

¿Cuál sería una opción adecuada para realizar una lectura crítica que pueda resultar atractiva y útil a estudiantes tanto de ciencias como de humanidades y que verse sobre matemáticas? A mi entender, el libro *Apología de un Matemático* de G. H. Hardy, un libro corto con capítulos muy breves e independientes; un libro que «pertenece a una clase particularmente rara [...] en el muy poblado universo del ensayo» (Sánchez Ron, 2017: 7), cumple con estas características y lo hace idóneo para un club de lectura (Xunta de Galicia, 2023a).

Para Hardy, que fue un matemático británico que vivió a caballo entre los siglos XIX y XX desarrollando su actividad académica en el Trinity College de Cambridge como Catedrático de Matemáticas y en Oxford como Catedrático Saviliano de Geometría, la razón de ser de las matemáticas eran ellas mismas, y la belleza, su principal guía: «los modelos del matemático, al igual que ocurre con los del pintor o con los del poeta, deben ser hermosos; las ideas, al igual que los colores o las palabras, deben encajar de forma armoniosa. La belleza es el primer examen». Ya mayor, Hardy escribe este libro en el que pone en papel sus opiniones acerca de lo que para él es la matemática. La obra, con el tono melancólico del que sabe que sus momentos de genialidad ya han quedado atrás, refleja la visión del que ve en su disciplina, las matemáticas, lo que un pintor, un músico o un poeta ve en la suya.

El objetivo de esta lectura es entrar en contacto con una visión romántica de las matemáticas de la mano de un autor que veía en ellas, no el medio para llegar a un fin, sino el fin en sí mismo. Se esté de acuerdo o no con Hardy, esta visión de la matemática ha estado presente desde antiguo, con lo que parece razonable darla a conocer. El libro ofrece múltiples posibilidades para discutir cuestiones que se enmarcarían dentro de la filosofía de las matemáticas, aunque va mucho más allá, y las exigencias

técnicas son mínimas, con lo que se hace adecuado para todos los ámbitos.³

En otro proyecto distinto, el Club de Ciencias (Xunta de Galicia, 2023b), y con la intención de corregir lo que a nuestro entender es una deficiencia, se presentan los *Elementos* de Euclides. Los *Elementos* es un libro riguroso, es de hecho lo que durante siglos se ha considerado como paradigma del rigor; modélico, en tanto que autores de todas las épocas han tratado de aplicar los métodos de Euclides a sus propias disciplinas, por muy apartadas de las matemáticas que pudieran estar a simple vista, y ha formado a generaciones y generaciones de estudiantes, siendo el libro de texto usado para la enseñanza de las matemáticas. De hecho, partes de este libro aún se usan hoy en algunos de los cursos de la ESO, aunque sin dar mayor importancia al contexto en el que se enmarcan los resultados.⁴ Ciento es que los *Elementos* es un libro duro, y que es necesario ser cuidadoso si uno no quiere causar en el estudiante una reacción negativa. De hecho, a este libro también le han llovido críticas y, en algunos casos, se le ha culpado de ser el causante de la animadversión generada hacia esta disciplina.⁵

En cualquier caso, el impacto que ha tenido en nuestra cultura ha sido enorme, a pesar de lo cual Euclides y sus *Elementos* son prácticamente desconocidos en los niveles de educación secundaria, y la publicidad que de ellos se hace, es mínima. Es por ello por lo que hemos puesto en marcha este proyecto, repartido en ocho sesiones de una hora de duración cada una, con el objetivo de:

- Leer partes de los *Elementos* de Euclides, para lo cual tomamos como referencia la edición publicada por la editorial Gredos (*Elementos I*, 1991 y *Elementos II*, 1991).⁶ Combinamos la lectura adaptada con una lectura literal con la intención de que experimenten y contrasten, tras lo cual se adapta para una comprensión adecuada de las proposiciones. Algunos de los resultados que explicamos, pensando en aquellos que puedan estar más estrechamente conectados con el currículum, son: Pop. 1 Libro I (construcción triángulo equilátero), Prop 32 Libro I (suma de los ángulos de un triángulo plano), Prop. 47, Libro I (teorema de Pitágoras) y Prop. 20, Libro IX (infinitud números primos).⁷
- Analizar el contexto histórico y social en el que se escribió el libro para poder obtener una visión más amplia del mismo, así como estudiar el impacto y la influencia del libro y de su autor para lograr obtener una imagen más precisa de la importancia de dicho escrito. Para esta parte, además de la propia introducción y notas de la mencionada edición de Gredos, echamos mano de un libro de reciente publicación cuya lectura consideramos particularmente agradable, clara, y atractiva: *Las infinitas vidas de Euclides: Historia del libro que forjó*

3. Otra opción que nos parece muy interesante para un club de lectura sería *The Usefulness of Useless Knowledge* de Abraham Flexner (2017). Un libro breve, de lectura cómoda y sumamente agradable, que subraya la utilidad del conocimiento, particularmente de aquel que parece estar más alejado de las aplicaciones inmediatas, para el uso práctico.

4. Me refiero, por ejemplo, a lo relativo a la construcción de polígonos regulares con regla y compás.

5. Sobre esto es muy interesante acudir a Schubring (2055: 68-69), en donde se mencionan las críticas que Petrus Ramus vierte al proyecto *Scholarum Mathematicarum* (1569), «la primera reflexión metodológica impresa sobre las matemáticas» (p. 68).

6. Como material complementario usamos, por su indudable interés histórico, la traducción de los Elementos que toma como base el manuscrito completo más antiguo que nos ha quedado, el ms D'Orville 301, fechado el 888 dC, de la Bodleian Library (Oxford). La versión digitalizada se puede consultar en Clay Mathematics Institute <<https://www.claymath.org/online-resources/euclids-elements/>>.

7. Para algunas de las proposiciones de geometría el uso de la herramienta Geogebra suele ser habitual.

nuestro mundo de Benjamin Wardhaugh (2022).

Pero si bien estos proyectos dan cabida a la introducción de aspectos histórico-filosóficos en la enseñanza de las matemáticas —o de cualquier otra ciencia sin más que adaptar los mencionados proyectos—, un paso clave sería la creación de una asignatura que permitiese tratar la historia y la filosofía de la ciencia como una disciplina *per se*. Este fue precisamente el objetivo de la implantación del StemBach o bachillerato de excelencia (Xunta de Galicia, 2023c). En el StemBach, el estudiante, además de cursar un bachillerato «al uso»:

- Cursa una asignatura nueva que se imparte fuera del horario lectivo. En nuestro caso, la asignatura que hemos implantado es *Historia y Filosofía de la Ciencia*, con una carga lectiva de 2 horas a la semana.⁸
- Realiza un proyecto de investigación o TFB⁹ que escogen entre aquellos ofertados por las universidades gallegas¹⁰ y que presentan y defiende en sesión pública en el segundo año.

Uno de los principales objetivos de las etapas educativas preuniversitarias en lo que a materia de ciencia se refiere, es proporcionar al alumnado herramientas básicas con las que eventualmente puedan desarrollar un conocimiento científico más amplio. Sin embargo, las propias limitaciones temporales no permiten realizar un acercamiento holístico a esta disciplina. Lo que buscamos en nuestra propuesta es poder darle al alumnado una perspectiva mucho más completa de lo habitual, a través de una formación que, en clara armonía con la filosofía del STEM, esté caracterizada por su interdisciplinariedad.¹¹ Esto permite abrir el bachillerato a todo tipo de alumnado, dándole a los estudiantes de ciencias la oportunidad de comprender con profundidad los conceptos, las técnicas y los métodos sobre las materias científicas que estudian en el instituto; y proporcionando a los estudiantes de humanidades la oportunidad de acercarse a una parte de la historia —la científica—, indispensable para conocer nuestra evolución y nuestro sitio en el mundo. Para poder llevar a cabo este proyecto de marcado carácter interdisciplinar con garantías, unimos fuerzas varios departamentos (matemáticas, física, historia, biología), tanto en la impartición de la citada asignatura, como en la tutorización de los proyectos, si bien, conscientes de la imposibilidad de abarcar la historia y la filosofía de la ciencia en una sola asignatura, implantamos un ciclo de charlas permanente —*Ciclo StemBach de Charlas en Historia y Filosofía de la Ciencia*—, con la idea de que expertos en la materia puedan compartir con profesores y estudiantes su visión, experiencia y conocimiento acerca de cuestiones relevantes en el ámbito de esta disciplina.¹²

8. La normativa establece un mínimo de 2 horas y un máximo de 3 (ver el artículo quinto, apartado a) (Xunta de Galicia, 2023c).

9. Trabajo Fin de Bachillerato.

10. Se pueden consultar los proyectos ofertados por dichas universidades en las páginas web oficiales (véanse, por ejemplo: Stem UDC, Stem USC). Existe la opción también de crear proyectos *ad hoc*. En el bienio 2022-2024, nuestro centro creó dos de esos proyectos en colaboración con la facultad de matemáticas de la USC —*Temas da Historia da Matemática*, dirigido por Manuel Eulogio Ladra González—, y con la facultad de filosofía de la misma universidad —*¿Qué é un número?*, dirigido por María de la Concepción Martínez Vidal.

11. Ver el artículo quinto, apartado a) (Xunta de Galicia, 2023c).

12. Para quien esté interesado, puede consultar todos los detalles del StemBach en Historia y Filosofía de la Ciencia —programa de la asignatura, equipo docente, TFB finalizados y en curso, programa del *Ciclo de Charlas*, etc.—, en la página web oficial (Dorrego, s. f.).

La opción del StemBach es particularmente interesante para aquellos estudiantes que vayan a cursar estudios universitarios, acercándolos a la práctica de la investigación, y pre- parándolos para una etapa en la que el estudio y la reflexión crítica se tornan herramientas básicas.

Conclusiones

Echar mano de la historia y la filosofía puede resultar enormemente útil en la enseñanza de una ciencia, ya sea para mostrar una parte desconocida de la disciplina a tratar (cuestiones de ontología acerca de las matemáticas, por ejemplo), o ya sea para completar la comprensión de determinadas ideas, métodos o conceptos (por qué surge un determinado concepto, por ejemplo).

En este capítulo, en lugar de plantear opciones para su uso dentro del aula, hemos mostrado algunas posibilidades para la creación de espacios «cómodos» en los que introducir la historia y la filosofía para abordar la enseñanza de la ciencia —concretamente, las matemáticas—. Desde un club de lectura, pasando por un club de ciencias, hasta un bachillerato específico al abrigo del cual institucionalizar la historia y la filosofía de la ciencia con la creación de una asignatura propia, y con la oportunidad de introducir a sus estudiantes en la investigación de la ciencia a través de las humanidades.

Referencias bibliográficas

- DORREGO, Eduardo (coord.) (s. f.). *StemBach. Historia y filosofía de la Ciencia*. IES Alfonso X O Sabio <<https://sites.google.com/iesafonsoxcambre.com/stemiesafonsoxcambre/inicio>>.
- EUCLIDES (1991). *Elementos. Libros I-IV*. Introducción de Luis Vega, traducción y notas de María Luisa Puertas Castaños. Madrid: Gredos.
- FLEXNER, Abraham (2017). *The Usefulness of Useless Knowledge*. Princeton: Princeton University Press.
- SÁNCHEZ RON, José Manuel (2017). *G. H. Hardy. Apología de un matemático*. Madrid: Capitán Swing.
- SCHUBRING, Gert (2005). *Conflicts Between Generalization, Rigor, and Intuition Number Concepts Underlying the Development of Analysis in 17th-19th Century France and Germany*. New York: Springer.
- Stembach UDC. Universidade da Coruña <<https://www.udc.es/es/stembach/>>.
- Stembach USC. Universidade de Santiago de Compostela <<https://www.usc.gal/gl/stembach>>
- WARDHAUGH, Benjamin (2022). *Las infinitas vidas de Euclides: Historia del libro que forjó nuestro mundo*. Barcelona: Shackleton Books.
- Xunta de Galicia (2023a). *Resolución do 2 do outubro de 2023 da Dirección Xeral de Ordenación e Innovación Educativa, dentro das actuacións para o fomento da lectura no ámbito educativo, no contexto do Plan LÍA de Bibliotecas Escolares (Lectura, Información e Aprendizaxe [en línea]. <https://www.edu.xunta.gal/portal/sites/web/files/2324_convocatoria_clubs_de_lectura_asinada.pdf>*
- Xunta de Galicia (2023b). *Resolución do 28 de xuño de 2023, da Dirección Xeral de Ordenación e Innovación Educativa [en línea]. <https://www.edu.xunta.gal/portal/sites/web/files/resolucion_club_de_ciencia_23_24-asinada.pdf>*
- Xunta de Galicia (2023c). *Resolución do 2 de xuño de 2023, da Dirección Xeral de Ordenación e Innovación Educativa, pola que se regula o bacharelato de excelencia en Ciencias e Tecnoloxía (STEM-bach), para o curso 2023/24 [en línea]. <https://www.edu.xunta.gal/portal/sites/web/files/resolucion_stembach_23_24_asinada.pdf>*