

## 9. Perspectivas de formación del profesorado a través de la historia de la biología y su enseñanza

El currículum o currículo<sup>214</sup> de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y el Bachillerato es un conjunto de objetivos, competencias, contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje que determinan lo que los estudiantes deben aprender en estas etapas educativas, así como las habilidades y conocimientos que deben adquirir al finalizar cada una de ellas; también es la hoja de ruta para los profesores.

La asignatura de Biología en Bachillerato es definida de la siguiente forma en el currículum de la Comunidad de Madrid:

La biología es una disciplina cuyos avances se han visto acelerados notablemente en las últimas décadas, impulsados por una base de conocimientos cada vez más amplia y fortalecida. A lo largo de su progreso se han producido grandes cambios de paradigma (como el descubrimiento de la célula, el desarrollo de la teoría de la evolución, el nacimiento de la biología y la genética molecular o el descubrimiento de los virus y los priones, entre otros) que han revolucionado el concepto de organismo vivo y el entendimiento de su funcionamiento. El espectacular avance de la biología la

<sup>214</sup> El currículo de la ESO y el Bachillerato en España está regulado por la Ley Orgánica de Educación vigente en el momento (actualmente la LOMLOE, desde 2020). El Gobierno establece un currículo básico común para todo el país y las comunidades autónomas lo desarrollan y adaptan según sus necesidades específicas, respetando las competencias propias. Acceso al texto completo del currículum *ESO de la Comunidad de Madrid*, consultado el 06-01-2025, en: [https://www.bocm.es/boletin/CM\\_Orden\\_BOCM/2022/07/26/BOCM-20220726-2.PDF](https://www.bocm.es/boletin/CM_Orden_BOCM/2022/07/26/BOCM-20220726-2.PDF) y al currículum de Bachillerato *de la Comunidad de Madrid*, consultado el 06/01/2025, [https://www.bocm.es/boletin/CM\\_Orden\\_BOCM/2022/07/26/BOCM-20220726-1.PDF](https://www.bocm.es/boletin/CM_Orden_BOCM/2022/07/26/BOCM-20220726-1.PDF)

convierte en la ciencia básica del siglo XXI debido a sus enormes perspectivas abiertas de futuro.

El progreso de las ciencias biológicas va mucho más allá de la mera comprensión de los seres vivos. Las aplicaciones de la biología han supuesto una mejora considerable de la calidad de vida humana al permitir, por ejemplo, la prevención y tratamiento de enfermedades que antaño diezaban a las poblaciones, u otras de nueva aparición, como la COVID-19, para la cual se han desarrollado terapias y vacunas a una velocidad sin precedentes. Además, existen otras muchas aplicaciones de las ciencias biológicas dentro del campo de la ingeniería genética y la biotecnología.

En segundo curso de Bachillerato la madurez del alumnado permite que en la materia de Biología se profundice notablemente en los contenidos y competencias relacionados con las ciencias biológicas a los que se les da un enfoque mucho más microscópico y molecular que en las materias de etapas anteriores. La Biología ofrece, por tanto, una formación relativamente avanzada, proporcionando al alumnado los conocimientos y destrezas esenciales para el trabajo científico y el aprendizaje a lo largo de la vida y sentando las bases necesarias para el inicio de estudios superiores o la incorporación al mundo laboral. En última instancia, esta materia promueve las vocaciones científicas entre el alumnado y la igualdad de oportunidades<sup>215</sup>.

Desde la perspectiva constructivista se proponen las estrategias de enseñanza orientadas a conseguir el cambio conceptual secuenciadas, básicamente, de la siguiente manera: determinar las concepciones de los alumnos sobre el tema (por el profesor y por ellos mismos) identificándolas y clarificándolas, para posteriormente cuestionarlas, provocando conflictos cognitivos (anomalías, contraejemplos) que propicien la aceptación de las nuevas ideas.

La programación es un proceso mediante el cual los docentes planifican su intervención en el aula de forma sistemática, el curso estará constituido por unidades didácticas (correspondientes a los temas) y tienen una serie de elementos a desarrollar: objetivos y contenidos, actividades de aprendizaje y evaluación, y los recursos necesarios.

Un objetivo es un resultado que se espera que el alumno adquiera durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Existen algunos aspectos que han de

<sup>215</sup> Decreto 64/2022, de 20 de julio, del Consejo de Gobierno, por el que se establecen para la Comunidad de Madrid la ordenación y el currículo del Bachillerato (BOCM núm. 176 de 26 de julio de 2022), 49.

tenerse en cuenta como la selección y adecuación al currículum, la organización y la secuenciación y la vinculación de los objetivos con las competencias.

Una selección de contenidos apropiada asegurará el éxito de la unidad didáctica. Los contenidos deben ser relevantes y significativos. Distinguiremos entre contenido conceptual, procedimental y actitudinal. Esta situación permite integrar, en el aprendizaje, la investigación, estrategias de trabajo y prácticas en el laboratorio desarrollando así las competencias específicas de la materia. Al final de esta, el alumnado deberá producir un resultado en forma de investigación, informe escrito o producto audiovisual en el que se detallen unas conclusiones razonadas y argumentadas.

Los objetivos de la biología han de reflejar el carácter dinámico de la disciplina, mostrándolos a través de los cambios de paradigma ocurridos en la biología moderna, en su dimensión histórica, social y educativa. Siguiendo la lógica del currículum, abordaremos estos objetivos desde seis ejes: la célula y el desarrollo de la biología celular, la teoría del germen y la microbiología, las teorías de la evolución y de la herencia: el paradigma molecular, el desarrollo de la moderna fisiología y la cuestión ambiental y de la biodiversidad.

La alfabetización científica es fundamental en el currículo de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato de la Comunidad de Madrid, ya que busca proporcionar a los estudiantes los conocimientos y habilidades necesarios para comprender y participar activamente en una sociedad cada vez más influenciada por la ciencia y la tecnología. El real decreto 217/2022, de 29 de marzo, establece el currículo básico de la ESO y el Bachillerato a nivel nacional, y subraya la importancia de que los estudiantes adquieran competencias científicas que les permitan analizar y valorar críticamente la información científica, así como tomar decisiones informadas en su vida cotidiana.

Las asignaturas de ciencias, como Biología, Geología, Física y Química, están diseñadas para fomentar en los estudiantes una comprensión profunda de los conceptos científicos, el desarrollo del pensamiento crítico y la capacidad para aplicar el método científico en la resolución de problemas. Está muy marcada la promoción de la ciencia con otras áreas del conocimiento y su aplicación en contextos reales, lo que contribuye a una formación integral del alumnado y a su preparación para enfrentar los desafíos de la sociedad actual.

Es importante destacar que la alfabetización científica no solo implica la adquisición de conocimientos teóricos, sino también el desarrollo de habilidades prácticas y actitudes que permitan a los estudiantes participar, de manera informada y responsable, en cuestiones científicas y tecnológicas que afectan a la sociedad.

## 9.1. Características de la educación secundaria

La ESO tiene carácter obligatorio y gratuito, en régimen ordinario se cursará, con carácter general, entre los 12 y los 16 años, si bien los alumnos tendrán derecho a permanecer en la etapa hasta los dieciocho años. Es una etapa educativa que constituye, junto con la Educación Primaria y los ciclos formativos de grado básico, la educación básica.

El currículo de las materias, cuyas enseñanzas mínimas se establecen en el real decreto 217/2022, de 29 de marzo<sup>216</sup>, contiene las competencias específicas y su relación con los descriptores del perfil de salida que se define en el anexo I del citado real decreto. Los descriptores se indican con siglas que se corresponden con las competencias clave de la siguiente manera:

- CCL: competencia en comunicación lingüística.
- CP: competencia plurilingüe.
- STEM<sup>217</sup>: competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería.
- CD: competencia digital.
- CPSAA: competencia personal, social y de aprender a aprender.
- CC: competencia ciudadana.
- CE: competencia emprendedora.
- CCEC: competencia en conciencia y expresión culturales.

### 9.1.1. La asignatura de Biología y Geología

La materia de Biología y Geología en la ESO constituye una continuación del área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural de la Educación Primaria. La asignatura de Biología y Geología busca el desarrollo de la curiosidad y la actitud crítica, así como el refuerzo de las bases de la alfabetización científica que permiten al alumnado conocer su entorno para adoptar hábitos que le ayuden a mantener y mejorar su salud.

<sup>216</sup> Decreto 65/2022, de 20 de julio, del Consejo de Gobierno, por el que se establecen para la Comunidad de Madrid la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria (BOCM núm. 176 de 26 de julio de 2022).

<sup>217</sup> STEM son las siglas que identifican las disciplinas *Science, Technology, Engineering y Mathematics*, es decir, Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas.

Esta asignatura debe ser cursada por todo el alumnado en el primer y tercer curso de la ESO, con el objetivo de sentar las bases para una alfabetización científica. En el cuarto curso de la etapa tiene un carácter opcional, con un currículo más extenso y especializado, que permite al alumnado profundizar en la metodología del trabajo científico y en la evaluación de la información científica.

En su estructura de contenidos se presentan dos bloques comunes en los tres cursos en los que se imparte: «Proyecto científico» y «Geología», los cuales se deben trabajar de forma significativa y gradual en todos los cursos, adecuando los contenidos a la madurez y edad del alumnado. El bloque «Proyecto científico» introduce al alumnado en el pensamiento y métodos científicos; incluye contenidos referidos al planteamiento de preguntas e hipótesis, la observación, el diseño y la realización de experimentos para su comprobación y el análisis y la comunicación de resultados.

Los contenidos conceptuales a aprender incluyen la metodología científica, que abarca la formulación de preguntas, hipótesis y conjeturas con un enfoque riguroso. También se desarrollan estrategias para la búsqueda de información, colaboración y comunicación de procesos e ideas científicas mediante herramientas digitales y formatos como gráficas, informes, presentaciones y pósteres.

Además, se trabajan técnicas de exposición y defensa de investigaciones, enfatizando el uso de fuentes fidedignas. Se abordan técnicas de búsqueda y selección de información, junto con la aplicación de experimentación y trabajo de campo en laboratorios y otros espacios adecuados.

Otro aspecto clave es la obtención y selección de datos experimentales, el modelado como método de representación y la observación de fenómenos naturales. Finalmente, se estudian métodos de análisis de resultados, distinguiendo entre correlación y causalidad para una interpretación científica precisa.

El estudio de la célula, sus partes y la función biológica de la mitosis y la meiosis forman parte del bloque «La célula» y es común en el primer y cuarto curso de la etapa. Además, este bloque incluye las técnicas de manejo del microscopio y el reconocimiento de células en preparaciones reales.

La materia en el primer curso de Educación Secundaria Obligatoria consta, además, de los siguientes bloques: «Seres vivos», «ecología y sostenibilidad» y «Hábitos saludables», este último impartido también en el tercer curso de la etapa junto a los bloques «Cuerpo humano» y «Salud y enfermedad». El bloque «Seres vivos» estudia las características y grupos taxonómicos más importantes de los seis reinos de seres vivos, así como la identificación y clasificación de ejemplares del entorno. El concepto de ecosistema, la relación entre sus

elementos integrantes, la importancia de su conservación y de la implantación de un modelo de desarrollo sostenible y el análisis de problemas medioambientales, como el calentamiento global, serán trabajados en el bloque «ecología y sostenibilidad». En el bloque «Hábitos saludables» se analizan qué comportamientos son beneficiosos para la salud: en primer curso de la ESO, de acuerdo con la edad y madurez del alumnado, deben trabajarse los contenidos respecto a la nutrición y el estilo de vida y se examinarán los efectos perjudiciales de las drogas. Además, se introducirá el estudio de la salud sexual de forma adecuada al desarrollo del alumnado. En tercer curso estos contenidos se profundizan para lograr que estos conocimientos permitan a los alumnos cuidar su cuerpo, tanto a nivel físico como mental.

En el tercer curso de la ESO, los contenidos del bloque «Cuerpo humano» permitirán al alumnado conocerse a sí mismo mediante el estudio del funcionamiento y anatomía de los aparatos digestivo, respiratorio, circulatorio, excretor y reproductor y de los órganos de los sentidos. En el bloque «Salud y enfermedad» se investigarán los mecanismos de defensa del organismo contra los patógenos; el funcionamiento de las vacunas y antibióticos y la reflexión sobre su importancia en la prevención y tratamiento de enfermedades. Se estudiarán también los trasplantes y la importancia de la donación de órganos.

En Biología y Geología de cuarto curso de ESO se incorporan a los contenidos comunes los bloques de «genética y evolución» y «La Tierra en el universo». Dentro del primero, se estudian las leyes y los mecanismos de herencia genética, la expresión génica, la estructura del ADN, las teorías evolutivas más relevantes y la resolución de problemas donde se apliquen estos conocimientos. El bloque «La Tierra en el universo» se centra en el estudio de las teorías más relevantes sobre el origen del universo, las hipótesis sobre el origen de la vida en la Tierra y las principales investigaciones en el campo de la astrobiología.

La asignatura está ausente en el segundo curso y se le dedican tres horas a la semana en primero y dos en tercero (tabla 10). También en cuarto curso con tres horas (tabla 11).

**Tabla 10. Horas de los tres primeros cursos de la ESO**

	1º	2º	3º
Biología y Geología	3	0	2
Física y Química	0	3	3

**Tabla 11. Horas en cuarto curso de la ESO**

<b>Materia</b>	<b>Carga lectiva semanal</b>
Lengua Castellana y Literatura	4
Lengua Extranjera	3
Geografía e Historia	3
Educación Física	2
Matemáticas (1)	4
3 materias de opción*	3
	3
	3
Religión / Atención educativa	2
Optativa (3)	2
Tutoría	1
Total de horas semanales	30

\* Materias de opción, entre ellas Biología y Geología<sup>218</sup>.

En cuanto al carácter de la asignatura, es importante reseñar que esta es una materia de carácter científico, englobada dentro de las disciplinas STEM<sup>219</sup> y, como tal, se impartirá ligándola a la realidad del alumnado de manera práctica y significativa y siguiendo un enfoque interdisciplinar. La metodología irá encaminada al desarrollo de tareas y proyectos científicos adecuados a su edad, en los que se realizarán labores de investigación, tanto de campo como de laboratorio, utilizando las metodologías e instrumentos propios de las ciencias biológicas y geológicas, para despertar en el alumnado el espíritu creativo, así como la vocación científica.

Esta metodología, además de un enfoque interdisciplinar que conduzca a una asimilación más profunda de la materia, también implica que se aborden contenidos transversales como el respeto, el trabajo en equipo, el rechazo hacia actitudes de discriminación. Para lograr todo ello, se trabajará a través de diferentes actividades que requieran la resolución de una secuencia de tareas de forma ordenada, a través de la movilización de competencias y del uso de los contenidos y conocimientos de forma integrada. Además, las tareas o activida-

<sup>218</sup> Los alumnos cursarán tres materias de entre las recogidas en el artículo 8.2, dos de las materias se agruparán de conformidad con lo dispuesto en el artículo 8.3.

<sup>219</sup> Desde hace unos años existe también la tendencia a incorporar el arte a las disciplinas STEM para generar innovación y creatividad en los procesos.

des deberán estar graduadas según los distintos cursos de la etapa, y favorecerán diferentes tipos de agrupamiento, cuidando de cumplir los pasos para adquirir el conocimiento científico, a través de la formulación de preguntas, realización de experiencias o de experimentos, diseño de modelos y construcción de un consenso de interpretación de datos.

Según el decreto 65/2022 de la Comunidad de Madrid, las competencias específicas que corresponden a la asignatura de Biología y Geología de 1º y 3º de ESO son las siguientes: la interpretación y transmisión de datos científicos, utilizando diversos formatos para analizar conceptos y procesos en biología y geología, destacando la importancia de la colaboración científica a nivel individual, organizacional e internacional. También se enfatiza la capacidad de buscar, evaluar y contrastar información de manera crítica, asegurando su veracidad para responder a cuestiones científicas.

Además, se fomenta la planificación y desarrollo de proyectos de investigación, aplicando metodologías científicas y promoviendo el trabajo en equipo. Se integra el razonamiento y pensamiento computacional, permitiendo analizar soluciones, reformular procedimientos y abordar problemas científicos en la vida cotidiana.

Otro aspecto clave es el análisis del impacto ambiental y en la salud, promoviendo hábitos sostenibles que minimicen los efectos negativos sobre el entorno y favorezcan el bienestar. Finalmente, se estudia la valoración del paisaje como patrimonio natural, aplicando conocimientos en geología y ciencias de la Tierra para explicar su historia, proponer medidas de protección y evaluar posibles riesgos naturales.

Los criterios de evaluación son principios o pautas que se utilizan para valorar el aprendizaje y el desempeño de los estudiantes. Estos criterios están diseñados para medir si los alumnos han alcanzado los objetivos de aprendizaje establecidos. Los criterios varían según el curso, de alguna manera son progresivos en dificultad, pero generalmente se centran en áreas clave del aprendizaje. Deben ser específicos y describir de manera clara lo que se espera del alumno, y medibles, que permitan evaluar el progreso de manera objetiva, utilizando indicadores o herramientas concretas.

Para la competencia específica 1 (interpretar y transmitir información y datos científicos) tendremos los siguientes criterios de evaluación:

- Analizar conceptos y procesos biológicos y geológicos de forma sencilla, interpretando información en diversos formatos; en 3º de ESO, además, desarrollar una actitud crítica y obtener conclusiones fundamentadas.

- Transmitir información de biología y Geología de forma clara, empleando terminología y formatos adecuados como gráficos, tablas, diagramas, vídeos, informes y contenidos digitales.
- En 3º de ESO, analizar y explicar fenómenos biológicos y geológicos mediante modelos y diagramas, aplicando, cuando sea necesario, los pasos del diseño de ingeniería: identificación del problema, exploración, diseño, creación, evaluación y mejora.

### 9.1.2. La biología en el Bachillerato

En cuanto al Bachillerato, la biología se imparte en dos asignaturas dependiendo de la orientación: Ciencias y Tecnología o materias específicas de la modalidad general.

El alumno que opte por la modalidad de Ciencias y Tecnología cursará, en primero, Matemáticas I, así como otras dos materias específicas de modalidad, que elegirá de entre las siguientes: Biología, Geología y Ciencias Ambientales, Dibujo Técnico I, Física y Química, Tecnología e Ingeniería I. Igualmente, en segundo, el alumno cursará a su elección Matemáticas II o Matemáticas Aplicadas a las Ciencias Sociales II, así como otras dos materias específicas de la modalidad, que elegirá de entre las siguientes: Biología, Dibujo Técnico II, Física, Geología y Ciencias Ambientales, Química y Tecnología e Ingeniería II. La dedicación de horas se inserta en la tabla 12.

**Tabla 12. Horas de asignaturas de biología en Bachillerato**

	1º	2º
Biología, Geología y Ciencias Ambientales	3	0
Biología	0	4

La biología tiene un carácter optativo en el Bachillerato; aquellas personas que cursan las modalidades de Humanidades y Ciencias Sociales o de Artes ya no tienen más contacto con las ciencias biológicas.

La asignatura de Biología, Geología y Ciencias Ambientales es una materia que podrá cursar el alumnado del primer curso de Bachillerato y que le permitirá ampliar los conocimientos de las materias de Biología y Geología cursadas en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria, fortaleciendo de esta manera las destrezas y el pensamiento científico. Esta materia estimulará también la

vocación científica en el alumnado, fomentando así la igualdad efectiva de oportunidades y el respeto hacia los demás. También se trabajará para afianzar los hábitos de lectura y estudio en el alumnado mediante el acercamiento a textos científicos.

Con respecto a los contenidos, esta materia presenta un bloque llamado «Proyecto científico» centrado en el desarrollo práctico, a través de un proyecto científico, de las destrezas y el pensamiento propios de la ciencia.

En cuanto a los contenidos de la asignatura de Biología en Bachillerato, imperará el carácter preparatorio para la universidad con un enfoque molecular, el alumnado ahondará en los mecanismos de funcionamiento de los seres vivos y de la naturaleza en su conjunto. Esto le permitirá comprender la situación en la que se encuentra la humanidad actualmente. Se inculcará la importancia de los hábitos adecuados como forma de compromiso ciudadano.

Los contenidos están recogidos en seis bloques: «Las biomoléculas», centrado en el estudio de las moléculas orgánicas e inorgánicas que forman parte de los seres vivos; «genética molecular y herencia», estudia el mecanismo de replicación del ADN y el proceso de la expresión génica, relacionando estos con la diferenciación celular; «Biología celular», donde se trabajan los tipos de células, sus componentes, las etapas del ciclo celular, la mitosis y meiosis y su función biológica; «Metabolismo», trata de las principales reacciones bioquímicas de los seres vivos; «Biotecnología», donde se estudian los métodos de manipulación de los seres vivos o sus componentes para su aplicación tecnológica en diferentes campos, como la medicina, la agricultura, o la ecología, entre otros, y por último, el bloque de «Inmunología» trabaja el concepto de inmunidad, sus mecanismos y tipos (innata y adquirida), las fases de las enfermedades infecciosas y el estudio de las patologías del sistema inmunitario.

Cabe destacar que la Biología, como pasaba a la asignatura de Biología y Geología en secundaria, es una materia de carácter científico, englobada dentro de las disciplinas STEM y, como tal, se impartirá ligándola a la realidad social con el enfoque multidisciplinar.

En el currículum se pone el ejemplo del estudio y análisis de diferentes alimentos, se propone investigar el contraste entre productos frescos (verduras, frutas, leche fresca, etc.) con alimentos ultraprocesados (bollería industrial, *snacks*, lácteos azucarados, etc.) en relación con los contenidos del bloque de «Biomoléculas».

Volvemos a tener competencias específicas para este nivel: la interpretación y transmisión de información científica, utilizando diversos formatos para

analizar conceptos, procesos, métodos y resultados en las ciencias biológicas. También enfatizan la capacidad de localizar, seleccionar y evaluar críticamente fuentes fiables, asegurando su veracidad, para resolver preguntas de forma autónoma y generar nuevos contenidos.

Además, se fomenta el análisis de trabajos de investigación y divulgación científica, verificando si han seguido el método científico para evaluar la fiabilidad de sus conclusiones. Se promueve el planteamiento y resolución de problemas mediante estrategias adecuadas, con un enfoque crítico y flexible para explicar fenómenos biológicos.

Otro aspecto clave es el análisis de acciones relacionadas con el entorno y la salud, promoviendo conductas responsables basadas en los principios de la biología molecular y argumentando la importancia de un estilo de vida saludable. Finalmente, se estudia la función de las biomoléculas y bioelementos, destacando su estructura, interacciones bioquímicas y su impacto en las características macroscópicas de los organismos vivos.

### 9.1.3. La biología en la Formación Profesional

La Formación Profesional (en adelante FP) debe permitir una adecuada relación entre los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en los diferentes módulos que integran los ciclos formativos. La FP no se centra en la educación en materias teóricas estancas, sino en desarrollar las habilidades prácticas y procedimentales del alumnado, para que adquiera un dominio adecuado de las diferentes técnicas que le van a permitir incorporarse en el mundo laboral.

En relación con la biología, uno de los puntos fuertes de la formación es el uso de instrumentos, como, por ejemplo, los de microscopía, que tienen como uno de sus fines la identificación de diversas estructuras biológicas e implica el desarrollo de la habilidad interpretativa de lo observado. Esto supone que los aprendizajes producidos podrán ser aplicados de manera efectiva en el futuro contexto profesional, en el que se deberán manipular y procesar una amplia variedad de muestras procedentes del ámbito sanitario para el diagnóstico de diferentes patologías<sup>220</sup>.

<sup>220</sup> Agustina Torres-Prioris, Susana Rams, y María del Carmen Acebal-Expósito, «Análisis de estrategias de estudiantes de Formación Profesional en prácticas de microscopía», *Ápice. Revista de Educación Científica* 7, n.º 2 (2023): 7-16.

## 9.2. La formación del profesorado

En el contexto de la reforma educativa impulsada para integrar a España en el Espacio Europeo de Educación Superior (Proceso de Bolonia), en 2007 se establecieron los requisitos que debía cumplir este máster. Su implantación generalizada comenzó en el curso 2009-2010. El modelo predominante se basa en una formación específica en el campo disciplinar correspondiente, en nuestro caso, el grado en Biología, seguida de una oposición para acceder a la docencia en educación secundaria. A esto se suma, como ha sido habitual desde 1970, un curso adicional, ahora en formato de máster, que combina formación teórica (psicopedagógica y didáctico-disciplinar) con prácticas docentes (el llamado prácticum) y un trabajo de fin de máster.

### 9.2.1. Detección de ideas previas

En opinión del pedagogo Ausubel<sup>221</sup>, uno de los pioneros en la didáctica de las ciencias y del estudio del aprendizaje significativo<sup>222</sup>, el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Se hace necesario averiguar qué es lo que ya sabe y enseñar en consecuencia. Las ideas previas se pueden definir como las concepciones, las construcciones iniciales o las representaciones que tienen los seres humanos sobre los fenómenos de la naturaleza, para poder comprender e interpretar los fenómenos naturales, las diferentes formas de relacionarse socialmente y, por lo tanto, construir explicaciones del mundo que lo rodea.

Las ideas previas subjetivas, influenciadas por emociones, creencias o experiencias, suelen carecer de fundamento sólido y tienden a contradecir los conceptos y teorías científicas que deben aprenderse. Estas ideas, a menudo basadas en observaciones limitadas, experiencias personales o información errónea, son resistentes al cambio incluso ante la evidencia. Esto condiciona cómo interpretamos y reaccionamos frente a nuevas situaciones, personas o ideas. Una de las ideas erróneas más recurrentes es que las plantas «comen» y que obtienen sus nutrientes del suelo para crecer. Sin duda los nutrientes del

<sup>221</sup> David Paul Ausubel (1918-2008) fue un destacado psicólogo y pedagogo estadounidense, conocido principalmente por sus aportaciones a la teoría del aprendizaje significativo.

<sup>222</sup> Se produce un aprendizaje significativo cuando el nuevo conocimiento se conecta de manera lógica y no arbitraria con lo que el estudiante ya sabe (sus conocimientos previos). Este tipo de aprendizaje es más duradero y profundo.

suelo son importantes, pero la principal vía de síntesis en las plantas se produce en los tejidos fotosintéticos con el ciclo de Calvin o de las pentosas fosfato de fijación del carbono.

Las ideas previas, basadas en percepciones limitadas, no solo dificultan la comprensión de conceptos científicos, sino que también influyen en actitudes negativas hacia la biodiversidad. Por ejemplo, el rechazo a especies como los reptiles, motivado por miedos infundados o atribuciones culturales, puede conducir a su exterminio en lugar de fomentar su conservación.

Acerca de las cuestiones a preguntar, estas pueden ser abiertas o cerradas, en el sentido de esperar una respuesta más compleja o un resultado muy acotado. Pongamos un ejemplo:

¿Qué crees que ocurre con las plantas durante la noche?

a) Dejan de realizar todas sus funciones. b) Continúan respirando. c) Realizan fotosíntesis. d) No estoy seguro.

En este tipo de pregunta solo podríamos esperar una respuesta: la respiración celular es un proceso continuo en el que las plantas consumen oxígeno ( $O_2$ ) y liberan dióxido de carbono ( $CO_2$ ) para obtener energía en forma de ATP a partir de la glucosa. Este proceso ocurre en las mitocondrias y no depende de la luz, por lo que también se realiza durante la noche. Este concepto puede llevar a otra idea errónea y es que dormir con plantas es peligroso; pero el impacto de la respiración de las plantas en los niveles de oxígeno y dióxido de carbono, en una habitación, es insignificante.

### 9.2.2. La transposición del lenguaje científico

La «transposición didáctica» es un concepto, desarrollado por el investigador francés Yves Chevallard, que se refiere al proceso de transformación que sufre el conocimiento científico o saber experto para convertirse en un conocimiento enseñable, es decir, en un contenido que pueda ser comprendido y aprendido en un contexto educativo. Este proceso implica adaptar el conocimiento para que sea accesible a los estudiantes, teniendo en cuenta sus características, necesidades, contexto y nivel de desarrollo. En otras palabras, consiste en transformar el saber «experto» en un saber «escolar».

Un ejemplo clásico de transposición didáctica en biología es el caso de la explicación de la estructura del ADN: desde el punto de vista de los científicos

se puede describir la estructura de la molécula del ADN como una doble hélice con complejas interacciones moleculares y químicas. Pero para hacer este concepto enseñable, el docente puede utilizar modelos tridimensionales, imágenes simplificadas o analogías «escalera de caracol»; recursos para ayudar a entender la compleja estructura de la molécula.

La transposición didáctica es una de las competencias importantes de aquellos que se dedican a la educación. Ayuda eficazmente a los profesores a diseñar planes de clase sobre temas que no figuran en los programas educativos actuales y a desarrollar el plan de estudios, por lo que permite indagar sobre un tema novedoso y exponerlo en clase. Es necesario desarrollar las habilidades de transposición didáctica de los estudiantes en los cursos universitarios y de forma inminente en el Máster de Formación de Profesorado.

Según Michel Develay, el proceso de transposición didáctica comprende dos etapas<sup>223</sup>. Una en la que el conocimiento académico (o conocimiento experto) se transforma en conocimiento enseñable (aparece en el currículum, en la programación y en los manuales o libros de texto). Y otra fase interna en la que los conocimientos pueden enseñarse en el aula por el profesorado bien en un aula, en una conferencia o en los medios (radio, *YouTube*, *podcast*, etc.). En esta fase, los docentes interpretan el currículum y adaptan los contenidos para transmitirlos a los estudiantes. En el aula un docente puede utilizar analogías o ejemplos concretos, diagramas o actividades prácticas para explicar contenidos complejos o abstractos.

En función del currículum, de las características del alumnado y de cómo o dónde esté el centro, se puede elegir distintas formas de enseñar. No será igual trabajar en el mundo rural que en un ambiente urbano, también podemos tratar de distinguir entre distintos niveles educativos: una transposición para alumnos de primaria, para alumnos de secundaria y universitarios. En un principio los profesores tendrán que acudir a las fuentes académicas, al plan de estudios y a los libros de texto. La ubicación de los conocimientos en diferentes documentos ayuda a los alumnos a obtener una visión general de los conocimientos.

### 9.2.3. Adaptación del lenguaje

El uso de analogías en una clase de ciencias puede ayudar a los estudiantes a comprender conceptos desconocidos, también para resolver problemas, con-

<sup>223</sup> Michel Develay, *De l'apprentissage à l'enseignement* (París: ESF éditeurs, 1993).

tribuyendo al cambio conceptual. Sin embargo, los estudiantes no siempre las utilizan, incluso cuando son entendidas.

Según el pedagogo estadounidense David Ausubel (1918-2008), reconocido por su teoría del aprendizaje significativo constructivista, para aprender con analogías los individuos deben vincular los nuevos conocimientos con conceptos y proposiciones que ya conocen. Este enfoque permite construir un aprendizaje efectivo y duradero, en contraste con el aprendizaje memorístico. Entre los recursos que disponemos a la hora de poner ejemplos se encuentran las analogías, las metáforas y los símiles. Pueden ser poderosas herramientas didácticas porque hacen inteligible para los alumnos un material abstracto, comparándolo con elementos cotidianos.



**Figura 35.** A la izquierda, la publicidad del tratado de medicina popular y fisiología de Kahn, *Das Leben des Menschen* (La vida del ser humano), en cinco volúmenes ampliamente ilustrados, publicado en Stuttgart de 1922 a 1931. En la imagen central y a la derecha se representa el cuerpo humano con la analogía de una factoría y las funciones fisiológicas del ser humano como procesos industriales. Fuente: Wikimedia Commons.

Las analogías son una relación de semejanza entre cosas distintas, entre dos ámbitos: uno conocido, a menudo denominado «análogo», y otro menos conocido, denominado «objetivo». La analogía es una relación de semejanza entre cosas distintas; entre algo que queremos explicar y puede ser nuevo o difícil de interpretar, con otro suceso más familiar y cercano a la realidad del receptor y, por tanto, más fácil de entender. Una analogía clásica sería relacionar los procesos en el cuerpo humano con los industriales por su semejanza con los químicos y mecánicos, sin duda, una de las representaciones más famosas es la del médico, divulgador de la medicina popular e ilustrador alemán Fritz Kahn, que publicó en 1926 una imagen del cuerpo humano como la analogía de un «palacio industrial» (figura 35).

Tanto los profesores como los alumnos utilizan las analogías en las clases de ciencias de manera habitual. Mientras que se ha investigado mucho sobre la forma en que los profesores y los libros de texto utilizan las analogías para enseñar ciencias, se ha investigado menos sobre la forma en que los estudiantes de ciencias utilizan las analogías para aprender<sup>224</sup>.

La metáfora es una realidad o concepto que se representa por medio de otra. Puede tratar de la corriente eléctrica en vez de fenómenos electrocinéticos, o de chorro de electrones en vez de haz de electrones. Otro ejemplo es el lenguaje bélico empleado para el sistema inmune: el glóbulo blanco «vence» al patógeno como si de una batalla se tratase, también se habla de «soldados defensores» que actúan como la primera línea una guerra del cuerpo contra infecciones o enfermedades, o «guardianes del cuerpo» que protegen al organismo de invasores externos, o policías del sistema inmune. Otra metáfora es la referida al «bombeo del agua» en una planta o un árbol, por medio de la savia bruta a través del xilema<sup>225</sup>.

El símil, por último, compara dos cosas para crear el sentido, una comparación o expresión de la semejanza entre dos cosas. Por ejemplo: la ballena azul es tan grande como ocho elefantes (para tener una idea de su tamaño); o tal animal es tan rápido como una gacela.

### **9.3. Perspectivas para la formación del profesorado desde la historia de la ciencia**

Son numerosas las propuestas que se han venido desarrollando con la intención de contribuir a mejorar la enseñanza de las ciencias. En este curso ponemos de manifiesto lo valioso que resulta para los profesores de biología recibir nociones en historia de las ciencias, dotándoles de un buen conjunto de herramientas didácticas al docente.

Un buen profesorado de ciencias debe tener un conocimiento razonablemente elaborado de los términos fundamentales a manejar para explicar el

<sup>224</sup> MaryKay Orgill and George Bodner, «Locks and keys. An Analysis of biochemistry students use of analogies», *Biochemistry and Molecular Biology Education* 35, n.º 4 (2007): 244.

<sup>225</sup> Este mecanismo natural, no depende de ningún motor, en realidad son tres fuerzas principales la transpiración o presión negativa que «succiona» el agua desde las raíces hasta la copa por la evaporación del agua en las hojas; la capilaridad, fuerzas de adhesión (agua-xilema) y cohesión (agua-agua) que permiten que el agua ascienda por los vasos del xilema; y la presión radicular.

desarrollo del método científico, como son saber lo que es el objeto y las preguntas de investigación, la hipótesis, distinguir entre teoría y ley, o el establecimiento de un modelo. También tener claros sus objetivos y la dimensión cultural y económica que la actividad científica genera, lo que hoy llamamos impacto social de una investigación<sup>226</sup>.

Es fundamental diferenciar entre un profesorado educado en ciencias y un profesorado formado en enseñar ciencias. Para una enseñanza efectiva, los docentes deben poseer un conocimiento profundo del origen y desarrollo de su disciplina, permitiéndoles trascender los hechos y conceptos básicos. Además, es esencial comprender la estructura de la asignatura, tanto como disciplina académica como escolar. Los profesores deben ser capaces de justificar el valor de los conocimientos, explicar su relevancia y establecer conexiones dentro y fuera de la disciplina, abarcando tanto los aspectos teóricos como prácticos.

Haciendo uso de una analogía, se plantea que la historia de la ciencia se convierte en un vehículo para formar a los profesores tanto de inicio como para los que ya están en ejercicio, ya que no solo están estudiando su disciplina, sino que se están cuestionando la manera en que se genera el conocimiento y cómo se transmite de generación en generación.

### 9.3.1. Precauciones en la historia de las ciencias

Hay que incidir en la idea de que el desarrollo científico rara vez es fruto del trabajo de sujetos aislados y requiere, por tanto, del intercambio de información y de la colaboración entre individuos, organizaciones e incluso países. Compartir información es una forma de acelerar el progreso humano al extender y diversificar los pilares sobre los que se sustenta. Este aspecto lo hemos visto en varias ocasiones a lo largo de nuestro recorrido histórico con varios casos de comunalismo. Un ejemplo fue la asociación de científicos en torno a las academias y sociedades, un modelo que se instauró desde la Accademia dei Lincei o la Royal Society. También analizamos cómo se conformó la comunicación entre científicos con la creación de las primeras revistas científicas, recordar que una de las primeras revistas *Phylosophical transactions* de la Royal Society sigue siendo publicada.

<sup>226</sup> Mercé Izquierdo, Álvaro García, Mario Quintanilla y Agustín Adúriz, *Historia, Filosofía y Didáctica de las Ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias* (Bogotá: Universidad Distrital Fco. José de Caldas), 44.

Uno de los consejos que se ofrece desde la Historia de la ciencia, a la hora de enseñar, es evitar el uso de la hagiografía. No escoger una figura histórica pasada o contemporánea y concentrar en ella todos los méritos de los logros científicos de una época, como si no hubiera existido una comunidad que aportara sugerencias, preguntas y conocimientos relevantes; esto da pie a ciertos paternalismos y también a atribuir grandes virtudes que hacen que ese personaje sea un modelo «tan ejemplar» para seguir que en muchos casos sea inalcanzable<sup>227</sup>, e incluso provoque frustración.

Es fácil acordar que una visión de la ciencia idealizada no es una buena práctica; pero el problema es que solemos acudir a la búsqueda de «héroes y heroínas» para consolidar las disciplinas. Ejemplos de estos referentes que se han elevado a esa categoría podrían ser Darwin, Humboldt, madame Curie, Koch, etc. Podríamos seguir con los laureados, ya que el Premio Nobel supone también cierta invisibilización de los equipos y, en especial, de las mujeres científicas.

<sup>227</sup> Izquierdo et al., *Historia, Filosofía y Didáctica de las Ciencias*, 76.