INFORME CODDII/SCIE

SOBRE

REFORMA DEL TRATAMIENTO DE LA MATERIA DE INFORMÁTICA EN LOS REALES DECRETOS QUE DESARROLLAN LA LOMLOE

ENERO 2025

Autor:

J. Ángel Velázquez Iturbide
Universidad Rey Juan Carlos
Delegado de la SCIE para la Educación Preuniversitaria de la Informática

RESUMEN EJECUTIVO

La educación preuniversitaria está regulada por la Ley Orgánica 3/2020 de 29 de diciembre, conocida como LOMLOE, y los Reales Decretos que establecen las enseñanzas mínimas de cada etapa educativa. Desde la Sociedad Científica Informática de España (SCIE) y la Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática (CODDII), se hace un balance positivo de la LOMLOE sobre la competencia digital pero pobre sobre la informática. El previsible perfil de salida del alumnado constará de amplios conocimientos y habilidades de competencia digital, es decir, de uso de las herramientas informáticas. Sin embargo, tendrán un conocimiento escaso o nulo sobre la disciplina que ha permitido el desarrollo de dichas herramientas, la informática. En otras palabras, serán buenos consumidores de informática, pero no conocerán su naturaleza.

El presente informe pretende contribuir de forma constructiva al debate sobre la introducción curricular de la informática. Desde un planteamiento pragmático, no realiza una propuesta alternativa a la LOMLOE, sino que presenta una posible reforma de los Reales Decretos que la desarrollan, para dar cabida a la informática de forma coherente pero limitada. La coherencia se concreta en presentar una progresión de competencias y saberes informáticos alineados con la propia disciplina y en la inclusión donde es posible de elementos básicos de algunas ramas clave de la informática. Lo limitado se concreta en proponer principalmente la reforma del tratamiento de la informática dentro de otras áreas o materias. Sin modificar la lista de materias previstas en la LOMLOE, hay pocas posibilidades de introducir coherentemente una materia de Informática.

El primer capítulo proporciona un marco teórico para comprender las propuestas de modificación de los Reales Decretos. Se presenta la informática como disciplina propia y se analiza su diferencia con la competencia digital y su situación dentro de la LOMLOE. Incluye un apartado de carácter educativo que comienza analizando las dificultades del aprendizaje de la programación y la naturaleza de la algoritmia. A continuación, analiza el impacto negativo sobre el currículo escolar de no incluir una materia de Informática, que es sustituida por el ambiguo término "pensamiento computacional" y por el estudio instrumental de la programación en algunas materias, sin un tratamiento extenso y riguroso técnica y pedagógicamente. El capítulo termina con un resumen de las modificaciones propuestas de los Reales Decretos.

Los cinco capítulos posteriores presentan de forma detallada las propuestas de modificación en relación con: competencia digital, Educación Infantil, Educación Primaria, Educación Secundaria Obligatoria, y Bachillerato. Es recurrente en el informe la supresión de toda referencia al "pensamiento computacional" y, cuando corresponde, su sustitución por conceptos y actividades propios de la informática. De forma resumida, los cambios propuestos son los siguientes.

Competencia digital. Se trata de una competencia clave en todas las etapas educativas. Se suprime la referencia superflua al "pensamiento computacional", que no aparece en los marcos de referencia sobre competencia digital.

Educación Infantil. Se hace explícito el aprendizaje de la programación informática mediante lenguajes sencillos de programación basada en bloques o actividades de informática educativa.

Educación Primaria. Se proponen cambios en dos áreas:

- **Área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural.** Se hace explícita la informática, dando al Bloque B de saberes el nombre "Tecnología, Informática y Digitalización". También se explicita el aprendizaje de programación basada en bloques y

los proyectos de programación se desglosan en fases (reales) del desarrollo de programas, de forma análoga a lo previsto para proyectos tecnológicos.
- **Área de Matemáticas.** Se hace explícito que las actividades de programación se orientan al modelado y simulación de situaciones de la vida cotidiana mediante lenguajes basados en bloques más complejos que en Educación Infantil.

Educación Secundaria Obligatoria. Se proponen cambios en cinco materias:

- **Materia de Biología y Geología.** Las referencias al "pensamiento computacional" son incoherentes con el resto de la materia y se sustituyen por "pensamiento científico".
- **Materia de Matemáticas.** Se presentan el sistema de numeración binario, la lógica proposicional como instrumento de modelado y razonamiento sobre situaciones cotidianas y una introducción a la resolución algorítmica de problemas.
- **Materia de Tecnología y Digitalización.** Las referencias al "pensamiento computacional" son sustituidas por referencias a la programación. Sin embargo, se aclara que el estudio de la programación y los algoritmos es muy limitado, adoptando formas simples, restringidas al control programado y la robótica.
- **Materia de Tecnología.** Las referencias al "pensamiento computacional" son sustituidas por referencias, más precisas, al control programado, propio de la automática y la robótica.
- **Materia de Digitalización.** Se propone introducir conceptos de informática, para una comprensión más profunda de la competencia digital, sobre sistemas operativos, programación (de hojas de cálculo), seguridad informática y el impacto de la informática sobre la sociedad y las personas.

Bachillerato. Se proponen cambios en seis materias:

- **Materias de Biología, Geología y Ciencias Ambientales, y Geología y Ciencias Ambientales.** Las referencias al "pensamiento computacional" son incoherentes con el resto de la materia y se sustituyen por "pensamiento científico".
- **Materia de Matemáticas, Matemáticas para Ciencias Sociales, y Matemáticas Generales.** Se introduce el concepto de algoritmo y se ilustra con una gradación de problemas matemáticos resolubles algorítmicamente y ya presentes en el currículo escolar, como problemas aritméticos, sobre matrices o sobre grafos.
- **Materia de Tecnología e Ingeniería.** Se propone eliminar el papel instrumental y subordinado de los sistemas informáticos a los sistemas automáticos, desligando los saberes de ambos tipos de sistemas. Los saberes informáticos se centran en áreas clave para una introducción a la informática, como son la programación textual, la arquitectura y funcionamiento de los ordenadores y el papel del sistema operativo.

Por último pero no menos importante, se introduce una *nueva materia de Informática* en Bachillerato:

- **Materia de Informática.** Realiza una introducción a los fundamentos de las áreas principales de la informática. Se estructura en seis bloques de saberes básicos sobre: programación, algoritmos, computadores, bases de datos e inteligencia artificial, redes y ciberseguridad, e informática y sociedad.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1. Qué es Informática 1

1.2. Informática vs. competencia digital 2

1.3. La Informática en la LOMLOE 3

1.4. Consideraciones sobre la enseñanza de la informática 5

1.4.1. La dificultad de aprender a programar 6

1.4.2. La dificultad de diseñar algoritmos 7

1.4.3. El "pensamiento computacional" como simplificación desfiguradora/ocultadora de la informática 9

1.4.4. La programación como mero instrumento de otras ingenierías 10

1.5. Resumen de propuestas de cambios en el marco de la LOMLOE 11

2. EDUCACIÓN INFANTIL 16

2.1. Análisis de la situación actual y resumen de propuesta 16

2.2. Propuesta detallada 16

3. COMPETENCIA DIGITAL 14

3.1. Análisis de la situación actual y resumen de propuesta 14

3.2. Propuesta detallada 14

4. EDUCACIÓN PRIMARIA 16

4.1. Análisis de la situación actual y resumen de propuesta 18

4.2. Propuesta detallada 19

4.2.1. Área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural 20

4.2.2. Área de Matemáticas 23

5. EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA 27

5.1. Análisis de la situación actual y resumen de propuesta 27

5.2. Propuesta detallada 29

5.2.1. Materia de Biología y Geología 29

5.2.2. Materia de Matemáticas 30

5.2.3. Materia de Tecnología y Digitalización 32

5.2.4. Materia de Tecnología 33

5.2.5. Materia de Digitalización 34

6. BACHILLERATO 38

6.1. Análisis de la situación actual y resumen de propuesta 38

6.2. Propuesta detallada 40

6.2.1. Materia de Biología, Geología y Ciencias Ambientales 40
6.2.2. Materia de Geología y Ciencias Ambientales 40
6.2.3. Materias de Matemáticas, Matemáticas para las Ciencias Sociales, y Matemáticas Generales 41
6.2.4. Materia de Tecnología e Ingeniería 44
6.2.5. Materia de Informática 47
AGRADECIMIENTOS 57
REFERENCIAS 58

1. INTRODUCCIÓN

Las tres primeras secciones realizan una breve introducción a qué es la Informática, a un análisis de su diferencia con respecto a la competencia digital y a su situación dentro de la LOMLOE. La sección cuarta es la más extensa y tiene un carácter educativo. Comienza con un análisis de las dificultades del aprendizaje de la programación y de la naturaleza de la algoritmia. A continuación, se analiza el impacto negativo sobre el currículo escolar de no incluir una materia de Informática, sino un constructo ambiguo llamado "pensamiento computacional", especialmente dentro de las materias de Matemáticas y de Tecnología. Finalmente, la sección quinta presenta un resumen de las modificaciones propuestas de los Reales Decretos que regulan las enseñanzas mínimas de cada etapa educativa preuniversitaria.

1.1. Qué es Informática

La informática (*computing* en el entorno anglosajón, *informatics* en el entorno europeo continental) es una disciplina propia que surgió con los primeros ordenadores en los años 40 del siglo XX y se ha ido desarrollando desde entonces de forma vertiginosa. Tiene un carácter multidisciplinar, con elementos de matemáticas, ingeniería y ciencias experimentales (Denning *et al.*, 1989), y cada vez más de las ciencias sociales.

Puede encontrarse una definición detallada de la informática y un reflejo de su evolución en las últimas décadas en las sucesivas recomendaciones curriculares *Computing Curricula* desarrolladas por las dos asociaciones internacionales más importantes de informática, la *Association for Computing Machinery* (ACM) y la *Institute of Electrical and Electronics Engineers – Computer Society* (IEEE-CS). Dicha serie se remonta a los *Computing Curricula 1991* (Tucker, 1991) y a su previo *informe Denning* (Denning *et al.*, 1989). La última recomendación curricular desarrollada ha sido los *Computing Curricula 2020* - CC2020 (ACM-IEEE, 2020) y su concreción generalista en los *Computer Science Curricula 2023* – CS2023 (Kumar *et al.*, 2023)[1], en colaboración con la *Association for the Advancement of Artificial Intelligence* (AAAI).

El informe Denning proporcionaba una definición de informática:

> "La disciplina de la informática es el estudio sistemático de los procesos algorítmicos que describen y transforman la información: su teoría, análisis, diseño, eficiencia, implementación y aplicación. La pregunta fundamental que subyace a toda la informática es: «¿Qué puede automatizarse (eficientemente)?»" (Denning *et al.*, 1989, pág. 12)

También resulta informativo desglosar los 17 campos que CS2023 distingue actualmente dentro de la informática. En algunos campos incluimos algunos descriptores entre paréntesis para facilitar su comprensión:

- Fundamentos algorítmicos.
- Arquitectura y organización de computadores.
- Computación paralela y distribuida.
- Desarrollo para plataformas especializadas (web, móviles, juegos, etc.).
- Fundamentos de desarrollo del *software* (programación).

[1] Existe traducción al español en la misma página web que el informe original (https://doi.org/10.1145/3664191), epígrafe Book Downloads > Supplementary Material.

- Fundamentos de lenguajes de programación.
- Fundamentos matemáticos y estadísticos.
- Fundamentos de sistemas (componentes, rendimiento, fiabilidad, etc.).
- Gestión de datos (bases de datos).
- Gráficos y técnicas interactivas.
- Inteligencia artificial.
- Interacción persona-ordenador.
- Ingeniería del *software*.
- Redes y comunicaciones.
- Seguridad.
- Sociedad, ética y profesión.
- Sistemas operativos.

Aunque los CS2023 están concebidos para planes de estudios universitarios, permiten conocer la variedad de perspectivas y campos distintos que forman la informática. En concreto, la programación tiene un papel central en la informática, pero la informática no se reduce a la programación. Asimismo, muchos términos que aparecen con frecuencia en los medios de comunicación solamente representan una parte de la informática, como es el caso de la "codificación", "inteligencia artificial", "realidad virtual" o "*blockchain*".

CS2023 no sólo identifica conocimientos y habilidades, sino también actitudes deseables en el aprendizaje de la informática:

- Ser adaptable, en una disciplina en continua evolución.
- Ser colaborativo, ya que la mayoría de las aplicaciones existentes son el resultado de trabajo en equipo.
- Ser inventivo, para idear nuevas soluciones y aplicar las soluciones existentes a nuevas situaciones.
- Ser meticuloso, para garantizar la exactitud e integridad de las soluciones.
- Ser persistente, ya que la resolución de los problemas informáticos es un proceso iterativo.
- Ser proactivo, para anticipar cuestiones relacionadas con la usabilidad, seguridad, ética, etc.
- Ser responsable, de todos los aspectos de una solución, incluido diseño, implementación y mantenimiento.
- Ser autodirigido, ya que debido a la rápida evolución de la disciplina se requiere un compromiso personal con el aprendizaje a lo largo de la vida.

Los conocimientos, habilidades y actitudes que identifica el informe constituyen un bagaje personal y profesional que podría calificarse de "pensamiento computacional" o, en un español más correcto, "pensamiento informático".

1.2. Informática vs. competencia digital

Todo el mundo sabe que no es lo mismo conducir un coche que comprender cómo funciona y menos aún construirlo, aunque evidentemente cada una de estas capacidades son valiosas. La misma situación se da en la informática. No es lo mismo manejar dispositivos digitales y programas que saber cómo funcionan y mucho menos construirlos. Un ejemplo del primer tipo de

conocimiento es manejar el correo electrónico, un navegador, una hoja de cálculo o un procesador de textos, mientras que con el segundo se puede desarrollar un programa para un teléfono móvil, una aplicación accesible a personas con discapacidad visual o un algoritmo que simule gráficamente la textura de una tela.

Los conocimientos prácticos relacionados con el uso de dispositivos digitales y programas reciben el nombre genérico de "competencia digital", aunque también es común hablar de "digitalización". Los países comunitarios han desarrollado y adoptado diversos marcos de competencia digital, tanto de forma general como en ámbitos específicos, como la educación. En España se adoptó inicialmente en educación el marco DIGCOMP (Vuorikari, Kluzer & Punie, 2022), y posteriormente el marco DigCompEdu (Redecker, 2017) de competencia digital docente, es decir, orientado al profesorado.

La competencia digital se va alcanzando poco a poco a nivel europeo. En su informe sobre el índice de economía y sociedad digital, la Comisión Europea (Comisión Europea, 2021) indica que sólo el 58% de la población europea tiene las competencias digitales básicas. Este porcentaje aumenta para las personas denominadas "jóvenes adultas" (16-24 años), aunque con excepciones, como es el caso de la ciberseguridad (CECA, 2024). Esta mejora general no se debe a que hayan crecido en un mundo digital, sino al esfuerzo continuado en introducir estas competencias en la escuela (Comisión Europea/EACEA/Eurydice, 2019). De hecho, la legislación educativa actual reconoce la competencia digital como competencia clave (BOE, 2022a, pág. 14.579).

Sin embargo, la competencia digital no es suficiente para el progreso de la sociedad en el actual entorno digital, sino que hace falta un conocimiento de la informática. Informatics Europe/ACM Europe e Informatics for All han reclamado la implantación de la informática como materia obligatoria en el currículo escolar (Informatics Europe & ACM Europe, 2013), incluso elaborando un "marco de referencia para la informática en los colegios"[2] (Caspersen *et al.*, 2022). En España, los mundos académico y profesional informáticos también han abanderado dicha reclamación (Velázquez Iturbide, 2018).

Aunque la Unión Europea ha puesto tradicionalmente más énfasis en el desarrollo de la competencia digital que en la integración de la informática en el currículo escolar, hay señales de que dicha situación podría estar cambiando. Así, Eurydice elaboró en 2002 un informe sobre la situación de la educación preuniversitaria en informática, aclarando que no se refería a la competencia digital (Comisión Europea/EACEA/ Eurydice, 2022). Asimismo, una recomendación de noviembre de 2023 bajo la presidencia española animaba a los países miembros a fomentar la informática o el "pensamiento computacional" (Diario Oficial de la Unión Europea, 2024), aunque la propuesta inicial se refería exclusivamente a la informática.

1.3. La Informática en la LOMLOE

Actualmente, la educación preuniversitaria está regulada por la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre (BOE, 2020). Posteriormente, se publicaron los Reales Decretos que establecen las enseñanzas mínimas de cada etapa educativa:

- Educación Infantil: Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero (BOE, 2022a).

[2] Existe traducción al español: https://www.informaticsforall.org/the-informatics-reference-framework-for-school-online-es/.

- Educación Primaria: Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo (BOE, 2022b).
- Educación Secundaria Obligatoria: Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo (BOE, 2022c).
- Bachillerato: Real Decreto 243/2022, de 5 de abril (BOE, 2022d).

Finalmente, cada Comunidad Autónoma ha publicado los decretos autonómicos que desarrollan las enseñanzas de cada etapa educativa, en el ámbito de sus competencias. El ámbito de estudio de este informe es nacional, pero el lector interesado en el currículo en las comunidades autónomas puede consultar el portal del Ministerio de Educación y Formación Profesional (https://educagob.educacionyfp.gob.es, sección Currículo).

La LOMLOE y los Reales Decretos que la desarrollan dan gran importancia a la competencia digital, ya que es una de las 8 competencias clave, pero no profundiza en la disciplina de la Informática, que ha permitido el desarrollo de dispositivos digitales y programas. Por ejemplo, el Real Decreto que regula la Educación Primaria define la competencia digital (BOE, 2022, pág. 24.407) y la desglosa conforme al marco DIGCOMP (Vuorikari, Kluzer & Punie, 2022):

> "La competencia digital implica el uso seguro, saludable, sostenible, crítico y responsable de las tecnologías digitales para el aprendizaje, para el trabajo y para la participación en la sociedad, así como la interacción con estas.
>
> Incluye la alfabetización en información y datos, la comunicación y la colaboración, la educación mediática, la creación de contenidos digitales (incluida la programación), la seguridad (incluido el bienestar digital y las competencias relacionadas con la ciberseguridad), asuntos relacionados con la ciudadanía digital, la privacidad, la propiedad intelectual, la resolución de problemas y el pensamiento computacional y crítico."

con el añadido de los pensamientos computacional y crítico, que no forman parte de ninguna área competencial de DIGCOMP. Asimismo, la materia Digitalización en Educación Secundaria Obligatoria tiene como objetivo desarrollar la competencia digital.

La informática no se reconoce como área o materia que estudiar ni en la LOMLOE ni en los Reales Decretos que la desarrollan. La consecuencia principal es que los jóvenes terminan sus estudios preuniversitarios con desconocimiento de los fundamentos científicos y técnicos del mundo virtual omnipresente en la sociedad del siglo XXI o, en el mejor de los casos, con un conocimiento muy limitado. Los Reales Decretos solamente se incluyen dispersos algunos saberes directamente relacionados con la informática, normalmente etiquetados con el término "pensamiento computacional" y, en menor medida, "programación" o "sistemas informáticos". Aparecen principalmente en las áreas o materias de Matemáticas y Tecnología.

Resumamos, desde un punto de vista educativo, algunas consecuencias desafortunadas de la situación retratada:

- Digitalización. Aunque la frontera entre informática y competencia digital es difusa, la competencia digital se centra en el uso de tecnologías, no en su comprensión ni en su desarrollo. Como consecuencia, los estudiantes serán grandes usuarios del mundo virtual, pero no sólo no serán creadores sino que ni siquiera conocerán su naturaleza. Dos ejemplos claros son el desconocimiento del funcionamiento de un ordenador o de cómo se procesa y ejecuta un programa (y por tanto, cómo maneja los datos).

- "Pensamiento computacional". Se trata de una traducción literal de *computational thinking*, un término ambiguo que hace referencia a *computing*, es decir, en español, a la informática. Es un "cajón de sastre" que permite, según el interés de cada autor, incluir distintas competencias, sean saberes, habilidades o actitudes, a veces específicas de la informática, a veces transversales (Velázquez Iturbide y Martín Lope, 2021).

  Al usar en el currículo escolar el término "pensamiento computacional" desconectado de la informática, se producen inexactitudes, incoherencias y ausencias que los expertos en educación de la informática podrían haber identificado fácilmente, pero no otros educadores ajenos a la disciplina. Un ejemplo claro es el énfasis en la escritura de programas, que es solamente una actividad, entre otras, de la programación (la "codificación"). Otro ejemplo es la ausencia de detalles sobre el modelado de datos (p.ej., en hojas de cálculo o en bases de datos sencillas), que es una actividad informática de gran valor formativo.
- Matemáticas. La materia de Matemáticas prevé el desarrollo del "pensamiento computacional", generalmente limitado a modelar situaciones de la vida cotidiana mediante programas, permitiendo su simulación. El modelado y simulación de este tipo (Caspersen *et al.*, 2022) es de gran utilidad en otras materias, como física o biología. Sin embargo, se pierde la oportunidad de introducir o profundizar conceptos de matemáticas discretas, relevantes en el campo de la informática, como la lógica, los lenguajes formales, la teoría de grafos o los algoritmos (cuyo término es usado en los Reales Decretos para nombrar simplemente procedimientos o programas).
- Tecnología. Algunos saberes de informática se presentan dentro de la materia de Tecnología, como saberes instrumentales. Es el caso principalmente de la programación, limitada al uso o modificación de programas ya preparados o módulos de programación. Aunque esta aproximación permite adquirir ciertos conocimientos informáticos, su estudio es incompleto y superficial.

El presente informe no pretende realizar una propuesta alternativa a la LOMLOE, sino realizar una propuesta de cambio realizable dentro del marco legislativo de la LOMLOE. Principalmente, se proponen cambios pequeños en las materias ya existentes y desarrolladas en los Reales Decretos que permiten clarificar y mejorar el limitado tratamiento dado a la informática, de forma coherente con la propia informática y las materias modificadas. Solamente en Bachillerato se introduce una asignatura de Informática que permitiría que el alumnado de la modalidad de Ciencia y Tecnología pueda estudiar una introducción a la misma. Antes de presentar la propuesta, veamos en el siguiente apartado algunas consideraciones previas sobre la informática y su enseñanza.

1.4. Consideraciones sobre la enseñanza de la informática

En esta sección se presentan varias consideraciones necesarias para comprender las propuestas presentadas en los capítulos siguientes. Primero se analizan la naturaleza y las dificultades que presentan el aprendizaje de la programación y el diseño de algoritmos. Después se analiza la imposibilidad de concretar competencias, criterios de evaluación y saberes básicos del "pensamiento computacional", con la consecuencia de falta de claridad y de coherencia en las partes de los Reales Decretos donde se ha introducido. También se analiza la desvirtualización de la programación estudiada exclusivamente como instrumento de las ingenierías tradicionales, en lugar de que sus fundamentos sean objeto de estudio propio, como saberes propios de la informática.

1.4.1. La dificultad de aprender a programar

La programación es el área más importante de la informática, en la que ocupa un papel central, sin ser la única (Denning *et al.*, 1989). Dada su importancia, es la primera materia informática que se estudia en los grados en informática, junto a la estructura de los computadores. Sin embargo, es una de las materias más difíciles de aprender para los alumnos, si no la más difícil. Como resultado, es el área principal de investigación en enseñanza de la informática, habiéndose realizado numerosas contribuciones en diversos ámbitos: psicología, pedagogía, organización curricular y *software* educativo (Becker & Quille, 2019; Luxton Reilly *et al.*, 2018).

Las dificultades de aprender a programar son variadas. Por un lado, siendo una materia de primer curso de los grados en informática, se pide un esfuerzo cognitivo a los alumnos superior al exigido en otras materias informáticas (Oliver *et al.*, 2004), ya que alcanza el nivel superior (Crear) en la taxonomía revisada de Bloom (Anderson *et al.*, 2001). Por otro lado, los saberes y habilidades que deben aprenderse y ejercitarse son numerosos y variados. Benedict du Boulay señala cinco áreas de dificultad (du Boulay, 1986):

- Motivación: para qué es la programación y qué ventajas reporta esforzarse en aprender a programar. No todo el mundo tiene interés en aprender a programar.
- La máquina abstracta: un modelo de la máquina abstracta que es controlada por el lenguaje de programación. Es decir, se debe conocer y poder predecir el efecto que produce la ejecución de cada declaración o instrucción del lenguaje sobre una máquina abstracta. Su nivel de abstracción suele ser muy alto, ya que es una máquina virtual (no física) y que maneja información (no materiales).
- La notación: el léxico, sintaxis y semántica del lenguaje de programación. Esta dificultad incluye la comprensión de los mensajes de error que produce el compilador ante un programa mal construido.
- Esquemas o patrones de programación: ayudan a resolver pequeños problemas a pequeña escala. Proporcionan soluciones preparadas para problemas pequeños y contribuyen a que el alumno vaya construyendo los esquemas mentales que le irán convirtiendo de principiante en experto.
- Pragmática: las diferentes actividades y habilidades que se realizan o ejercitan al desarrollar programas (análisis, diseño, codificación, pruebas, depuración, documentación). Existen diversas metodologías o pautas para orientar en la complejidad de estas tareas.

Dadas estas dificultades, uno puede preguntarse cómo es posible que incluso niños muy jóvenes aprendan a programar sin dificultad aparente con lenguajes basados en bloques, como Scratch (Resnick *et al.*, 2009). Estos lenguajes son el resultado de décadas de esfuerzo de investigación (Kelleher & Pausch, 2005) y han conseguido eliminar buena parte de las dificultades antes señaladas (Bau *et al.*, 2017). Los lenguajes basados en bloques son motivadores porque permiten producir programas multimedia. Su nivel de abstracción es mucho menor que el de los lenguajes textuales porque el efecto de ejecutar un programa es visible en un "escenario" y quizá audible. Los aprendices no necesitan aprender de memoria las reglas del léxico, la sintaxis y la mayor parte de la semántica estática del lenguaje de programación porque son forzadas por el surtido y la forma de los bloques disponibles (instrucciones con forma de fichas de Lego).

Por tanto, los lenguajes basados en bloques permiten empezar a desarrollar programas interesantes en poco tiempo, permitiendo también desarrollar programas con un alto grado de dificultad y de muy distintos tipos, como juegos, simulaciones, artes gráficas, etc. En palabras de los creadores de

Scratch, proporciona "suelos bajos, techos altos y habitaciones espaciosas" (Resnick *et al.*, 2009). Además, el aprendizaje inicial de estos lenguajes facilita el aprendizaje posterior de lenguajes más complejos, como lenguajes basados en bloques pero no centrados en un escenario (p.ej., App Inventor) o lenguajes textuales (p.ej., Python o Java). En todo caso, no es una transición fácil, siendo objeto de investigación en el área de enseñanza de la informática.

En resumen, aprender a programar es algo difícil, pero que puede facilitarse comenzando desde lenguajes basados en bloques sencillos. Sin embargo, hay que ser consciente de las dificultades del aprendizaje de la programación para abordar las dificultades presentes en este tipo de programación, para realizar la transición a otros lenguajes más complejos. Es la misma situación que se da en matemáticas, donde a pesar de su dificultad, se gradúa su introducción en el currículo, de forma que no se resuelven integrales en Educación Primaria. Tampoco se trata de crear profesionales, igual que en matemáticas no se estudian ecuaciones diferenciales ni siquiera en Bachillerato. Además, deben tenerse en cuenta en el currículo todas las fases presentes en el desarrollo de un programa, no sólo la codificación.

Por último pero no menos importante, existe un amplio cuerpo de conocimientos desarrollado durante las décadas pasada sobre la enseñanza de la programación, en forma de recursos y conocimientos psicológicos, pedagógicos y tecnológicos (Fincher & Petre, 2004; Fincher & Robins, 2019; Sentance, Barendsen & Schulte, 2018).

1.4.2. La dificultad de diseñar algoritmos

Un algoritmo es un método que permite resolver un problema computacional, definido como la obtención de cierta información (el resultado o datos de salida) a partir de otra información (los datos de entrada). El problema debe plantearse de forma genérica y un algoritmo que lo resuelva también será una solución genérica. Por ejemplo, el algoritmo de Dijkstra permite calcular la distancia más corta en un grafo G cualquiera (dirigido y con distancias no negativas) desde un nodo origen a cada uno de los demás nodos del grafo. Obsérvese que al resolver un problema computacional no se da ningún resultado sino el método que permite obtener dicho resultado para cualquier dato de entrada concreto (es decir, el algoritmo). Hay que destacar esta diferencia con los problemas de otras disciplinas (como la física, química o incluso frecuentemente las matemáticas), que suelen plantearse sobre datos concretos. Siguiendo con el ejemplo anterior, se plantearía encontrar la distancia más corta en un grafo concreto, con un número de nodos concretos, distancias concretas y un nodo origen concreto. Aunque se explicara el método usado para encontrar la solución, tampoco tendría por qué ser un método general.

Los algoritmos han sido objeto de diseño por los matemáticos desde la Antigüedad. El auge de la algoritmia se produjo a partir de la segunda mitad del siglo XX debido a que los computadores permitían su programación y ejecución automática y rápida. Como consecuencia, el diseño y análisis de algoritmos no es una actividad puramente matemática, sino que también contiene aspectos propios de la ingeniería y de las ciencias experimentales. Es común hablar del "pensamiento algorítmico" como un pensamiento cercano pero distinto del "pensamiento matemático" (Knuth, 1985).

No todos los problemas son resolubles mediante algoritmos ni la resolución de un problema ni todo programa es siempre un algoritmo (de Miguel & Velázquez Iturbide, 2025). En primer lugar, el problema debe plantearse de forma genérica. Por ejemplo, el algoritmo de Dijkstra antes mencionado es una solución que sirve para todo grafo G que cumpla las restricciones indicadas

entre paréntesis, no sólo para un grafo particular. En segundo lugar, un algoritmo debe satisfacer ciertas condiciones (Knuth, 1973):

- Cada paso del algoritmo debe ser preciso. Por ejemplo, una receta de cocina no es un algoritmo si incluye instrucciones ambiguas como "una pizca de sal" o "hasta que empiece a dorarse".
- Un algoritmo se debe poder aplicar aunque el agente que lo ejecute no lo entienda. Esto es lo que permite programar los algoritmos, ya que un ordenador es capaz de ejecutar muy rápidamente un algoritmo *sin entenderlo*.
- Un algoritmo debe terminar (para que sea útil).

Conviene resaltar que un algoritmo es un método preciso para resolver un problema. Para expresar cualquier algoritmo se necesitan tres operaciones de control (Böhm & Jacopini, 1966): la secuencia, alternativa o repetición de operaciones. La lógica proposicional es un prerrequisito para expresar adecuadamente alternativas y repeticiones basadas en condiciones. Sin embargo, la representación que usemos para explicar un algoritmo (textual, simbólica, programa, etc.) no determina que sea o no un algoritmo. La ventaja que proporciona la codificación de un algoritmo en un lenguaje de programación es que puede ejecutarse a gran velocidad, debido al uso de un ordenador. Sin embargo, un algoritmo también puede aplicarse manualmente a ejemplares concretos de los datos de entrada. De hecho, una buena parte de los libros de texto de algoritmos a nivel universitario presentan los algoritmos en pseudocódigo.

El diseño de algoritmos es una tarea compleja, salvo para problemas triviales, para la que sólo pueden darse pautas. En primer lugar, deben modelarse los datos relevantes para el problema y organizar la búsqueda de la solución de forma que permita resolver el problema de manera eficaz y si es posible eficiente. Las matemáticas discretas son un prerrequisito para el modelado de datos y los procesos de búsqueda: combinatoria, grafos, etc. Para diseñar un algoritmo que resuelva un problema, siempre es necesario conocer el dominio del problema y las propiedades de sus entidades. Pueden aprovecharse pautas propias de la resolución general de problemas (Polya, 1957): intentar retroceder desde la solución a los datos, diseñar un espacio de estados en el cual se encuentra la solución, comenzar probando con ejemplos, etc. Por último, es muy útil el uso de técnicas de diseño de algoritmos, como las técnicas de divide y vencerás o de vuelta atrás.

Salvo que se trate de algoritmos sencillos, la mayor parte de estos aspectos quedan fuera del nivel de conocimientos y el grado de madurez de estudiantes de Bachillerato, siendo más propio de un grado de Matemáticas o de Informática. Entre otras dificultades, exige el razonamiento en varios niveles de abstracción (Perrenet & Kaasenbrood, 2006). Por tanto, no debe extrañar que, incluso en la universidad, son numerosos los errores y malas concepciones de los alumnos al abordar la resolución algorítmica de problemas (Ginat, 2001; Velázquez Iturbide, 2025).

En resumen, el diseño de algoritmos es una tarea difícil y su didáctica es multifacética (Velázquez Iturbide, 2025), pero puede introducirse en el currículo escolar de forma gradual. Para ello, no debe olvidarse el tipo de problemas que resuelven los algoritmos y la diferencia entre algoritmos y otros métodos de la vida cotidiana o de otras disciplinas. También hay que tener en cuenta que el diseño de algoritmos exige elevar el nivel de abstracción de los problemas a resolver, al pasar de problemas concretos a problemas genéricos. Asimismo, debe tenerse en cuenta que algunos conocimientos son prerrequisitos del diseño de algoritmos, incluyendo la lógica proposicional, las matemáticas discretas y, si se quieren programar, el conocimiento de algún lenguaje de programación.

1.4.3. El "pensamiento computacional" como simplificación desfiguradora/ocultadora de la informática

Los dos apartados anteriores pretenden mostrar parte de la complejidad de la programación y la algoritmia y su aprendizaje. Como cualquier otra materia, es posible presentarla en los niveles educativos preuniversitarios si se es consciente de estas dificultades, buscando simplificaciones fructíferas, métodos y actividades pedagógicos adecuados a cada edad, conocimiento de las preconcepciones y las malas concepciones comunes en los aprendices, y apoyo de *software* educativo adecuado. Nada de esto es posible con la imagen simplificada y desfiguradora que ofrece el "pensamiento computacional". Como botón de muestra, veamos parte de la competencia 3 del Área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural de Educación Primaria:

> "(…) el pensamiento computacional utiliza la descomposición de un problema en partes más sencillas, el reconocimiento de patrones, la realización de modelos, la selección de la información relevante y la creación de algoritmos para automatizar procesos de la vida cotidiana." (BOE, 2022b, pág. 24.415)

El mencionado Real Decreto incluso identifica a los elementos de esta descripción como fases de una metodología para "proyectos de pensamiento computacional" (BOE, 2022b, Bloque B Tecnología y Digitalización, 2 Proyectos de diseño y pensamiento computacional, pág. 24.429). Descripciones similares se presentan en otras etapas educativas y materias.

Esta descripción es similar a descripciones presentadas en publicaciones sobre el "pensamiento computacional" (por ejemplo, Csizmadia *et al.*, 2015). Esta definición presenta al menos dos problemas:

- Frente a la riqueza de tradiciones intelectuales, campos, saberes y métodos de la informática, así como de los estudios psicológicos y pedagógicos de su educación, ofrece una gran pobreza conceptual. Lo que es peor, los elementos antes enumerados no suelen concretarse de forma coherente para que el profesorado pueda integrarlos en su labor docente.

  Veamos como ejemplo el tratamiento dado a los patrones en la materia de Matemáticas. Se trata de uno de los bloques de saberes del sentido algebraico, así como uno de los elementos del "pensamiento computacional". El primer ciclo de Educación Primaria presenta el siguiente saber básico de patrones: "Estrategias para la identificación, descripción oral, descubrimiento de elementos ocultos y extensión de secuencias a partir de las regularidades en una colección de números, figuras o imágenes" (BOE, 2022b, pág. 24.493). Saberes similares se presentan en los siguientes ciclos, así como para las siguientes etapas educativas. Sin embargo, en ningún Real Decreto para ninguna descripción de los "patrones" informáticos que el pensamiento computacional pretende "reconocer".
- Los propios defensores del "pensamiento computacional" reconocen que su definición es imprecisa. Por ejemplo, Zhang, Aivaloglou y Specht (2024) afirman[3]: "sin embargo, se necesitan más esfuerzos para seguir explorando qué es el PC [pensamiento computacional], cómo puede concretarse adecuadamente el PC en actividades educativas, qué distingue al PC de otros tipos de pensamientos, y cómo puede incorporarse el PC en otras materias". Es decir, se trata de un marco conceptual deficiente. Contrástese con la claridad de cualquier disciplina científica o ingenieril, incluida la propia informática.

[3] La traducción es nuestra.

Dada esta situación, resulta difícil relacionar la mayor parte de elementos que menciona el Real Decreto para el "pensamiento computacional" con los conceptos o las actividades que la informática identifica en la programación o la algoritmia. Como ejercicio, veamos dos posibles interpretaciones de todos estos componentes del "pensamiento computacional" en el ámbito del área o materia de Matemáticas, tal como es presentado en los Reales Decretos:

- El "pensamiento computacional" como simulación de "situaciones de la vida diaria". En este caso, un "problema" a resolver debe entenderse como una situación de la vida diaria que simplemente se quiere simular visualmente en el escenario de un lenguaje basado en bloques. La "descomposición del problema" consistiría en descomponer la situación en los personajes, disfraces, fondos y sonidos del programa. El diseño del programa puede considerarse un "modelo" de la situación que solamente presenta la información considerada relevante. Resulta difícil comprender qué significa "reconocimiento de patrones"; si se refiere a reconocer patrones de programación, la investigación en educación ha comprobado que el proceso debe ser inverso: el profesor, como experto, debe facilitar patrones útiles a los alumnos (Clancy & Linn, 1999). Finalmente, el término "algoritmo" se utiliza de forma forzada como sinónimo de programa, ya que no hay problema computacional a resolver algorítmicamente. En resumen, esta interpretación ofrece una visión muy limitada y confusa de la programación y la algoritmia, ya que el Real Decreto estaría usando el término "algoritmo" con un significado distinto del matemático o del informático (de Miguel & Velázquez Iturbide, 2025)
- El "pensamiento computacional" como sinónimo del "pensamiento algorítmico" (Aho, 2011). En este caso, la formulación del problema y su representación mediante estructuras de datos es un "modelo" del problema, pero es un proceso que requiere una alta capacidad de abstracción, en general fuera del alcance de los alumnos de las etapas educativas preuniversitarias. Además, la descomposición del problema en subproblemas sólo suele tener sentido para resolver algunos problemas complejos. El "reconocimiento de patrones" por parte del estudiante puede referirse a reconocer problemas o algoritmos parecidos, que es una estrategia útil para resolver problemas casi iguales. Por tanto, esta estrategia puede servir para una primera introducción a la algoritmia, aunque presenta el riesgo de confiar en la memorización. En conjunto, esta interpretación del "pensamiento computacional" presenta el proceso de diseño de algoritmos de forma incompleta y en algunos casos inadecuado para los alumnos más jóvenes.

La primera interpretación parece ser la que subyace en el Real Decreto de Educación Primaria y la segunda en el de Bachillerato, en ambos casos para el área o materia de Matemáticas. El Real Decreto de Educación Secundaria Obligatoria podría contener elementos de ambas interpretaciones. En resumen, el uso de un solo término, "pensamiento computacional", con dos significados distintos priva de claridad a su descripción curricular, sus criterios de evaluación y sus saberes básicos. En definitiva, entorpece una planificación educativa seria.

En este punto, no debe sorprender que este informe proponga sistemática y reiteradamente eliminar toda referencia al elusivo "pensamiento computacional" y adoptar la terminología informática que exprese el significado que realmente quiere darse.

1.4.4. La programación como mero instrumento de otras ingenierías

La programación (y a veces el "pensamiento computacional") aparece en los Reales Decretos de Educación Primaria, Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato en el área o materia de

Tecnología. Sin embargo, surge otra dificultad para un tratamiento educativo adecuado de la programación. La programación aparece subordinada a la tecnología, de forma que su aprendizaje es instrumental y marginal en comparación con otros saberes de tecnología.

Hay varias consecuencias negativas de este hecho. Por un lado, la informática es una ingeniería que trabaja con información ("virtual"), a diferencia de las ingenierías tradicionales, que trabajan con materiales. Por tanto, sus características son totalmente diferentes de las ingenierías tradicionales, tanto en sus conceptos como su didáctica y por supuesto en los medios necesarios para practicarla. Por otro lado, un aprendizaje instrumental de la programación para otra materia lleva a que se dedique menos atención curricular y tiempo de los necesarios para su aprendizaje progresivo y coherente con los saberes de la disciplina, de forma que se afronten las dificultades de su aprendizaje señaladas en el apartado 1.4.1.

La revisión que abordamos del tratamiento de la informática dentro del área de Tecnología no permite aumentar el peso que recibe. Sin embargo, debe reconducirse de forma coherente. Por un lado, donde corresponda deben incluirse los aspectos metodológicos propios de la programación en lugar de fases propias de otras ingenierías (o fases irreales de "pensamiento computacional"). Asimismo, deben abandonarse saberes avanzados que no tiene sentido ofrecer sin una base de conocimientos previos o que se limitan a preparar presentaciones espectaculares, más propias de eventos divulgativos como la "Semana de la Ciencia" que de la educación reglada. El ejemplo más llamativo se encuentra en la materia Tecnología e Ingeniería, de segundo curso de Bachillerato, donde aparecen unos "sistemas informáticos emergentes", sin que se hayan estudiado "sistemas informáticos básicos".

1.5. Resumen de propuestas de cambios en el marco de la LOMLOE

En esta sección se resumen las propuestas de modificación de los Reales Decretos para un mejor tratamiento de la informática, siempre dentro del marco de la LOMLOE. La mayor parte de las propuestas se relacionan con la aparición reiterada del término "pensamiento computacional", que es eliminado por impreciso y ambiguo y se sustituye por saberes y destrezas específicos de la informática. También se matizan competencias, criterios de evaluación y saberes básicos para reflejar de forma más precisa las actividades de programación y algoritmia. Por último, se introducen competencias, criterios de evaluación y saberes básicos sobre informática.

Las propuestas se presentan con todo detalle en los cuatro capítulos siguientes.

Competencia digital. La competencia digital es una competencia clave que se define en el Real Decreto que regula la Educación Primaria, desarrollándose en el Real Decreto de cada etapa educativa posterior. En todos ellos, se elimina la referencia al "pensamiento computacional", ajeno a la competencia digital.

Educación Infantil. Las referencias al "pensamiento computacional" se sustituyen por "programación informática" y se hace explícito el uso de lenguajes sencillos de programación basada en bloques o actividades de informática educativa. Ejemplos de estos lenguajes son Code.org, ScratchJr y lenguajes de robótica educativa.

Educación Primaria. Se proponen cambios en dos áreas:

- **Área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural.** Se hace explícita la informática, dando al Bloque B de saberes el nombre "Tecnología, Informática y

Digitalización". Las referencias al "pensamiento computacional" son sustituidas por referencias a la programación basada en bloques. Los proyectos de programación se desglosan en fases (reales) del desarrollo de programas, de forma análoga a lo previsto para proyectos tecnológicos.

- **Área de Matemáticas.** Las referencias al "pensamiento computacional" son sustituidas por referencias a la programación, haciendo explícitas las actividades de programación y el tipo de lenguajes de programación a utilizar. Las actividades de programación se orientan al modelado y simulación de situaciones de la vida cotidiana mediante lenguajes basados en bloques. Se propone el uso de lenguajes basados en bloques más complejos que en Educación Infantil, como Scratch.

Educación Secundaria Obligatoria. Se proponen cambios en cinco materias:

- **Materia de Biología y Geología.** Las referencias al "pensamiento computacional" son incoherentes con el resto de la materia y se sustituyen por "pensamiento científico".
- **Materia de Matemáticas.** Las referencias al "pensamiento computacional" son sustituidas por el modelado, organización de datos y resolución de problemas de situaciones de la vida cotidiana. Se presentan el sistema de numeración binario y su uso para desarrollar diversos sistemas de códigos informático, así como la lógica proposicional como sistema formal del razonamiento. También se presenta una introducción a los algoritmos, ilustrada mediante la resolución de problemas numéricos.
- **Materias de Tecnología y Digitalización, y Tecnología.** Las referencias al "pensamiento computacional" son sustituidas por referencias más precisas a la programación y al control programado, incluso cambiando el título de un bloque de saberes básicos. Asimismo, la competencia específica correspondiente aclara que el estudio de la programación y los algoritmos tiene un tratamiento restringido al control programado y la robótica.
- **Materia de Digitalización.** Se mantiene el fin principal de desarrollo de la competencia digital. Sin embargo, se propone introducir algunos conceptos de informática para una comprensión más profunda de la competencia digital. También se introducen conceptos básicos de sistemas operativos, seguridad informática y el impacto de la informática sobre la sociedad y las personas. Por último, se refuerza el área de creación y edición de contenidos mediante una introducción a las principales aplicaciones ofimáticas, con énfasis en las hojas de cálculo, no sólo por su utilidad práctica, sino porque proporcionan otra forma de aplicar los conceptos y destrezas de programación.

Bachillerato. Se proponen cambios en seis materias:

- **Materias de Biología, Geología y Ciencias Ambientales, y Geología y Ciencias Ambientales.** Al igual que en Educación Secundaria Obligatoria, las referencias al "pensamiento computacional" son incoherentes con el resto de la materia y se sustituyen por "pensamiento científico".
- **Materia de Matemáticas, Matemáticas para Ciencias Sociales, y Matemáticas Generales.** Las referencias al "pensamiento computacional" son sustituidas por referencias a la resolución algorítmica de problemas. Se avanza en la algoritmia mediante una introducción a la teoría de grafos y la resolución algorítmica de problemas sobre grafos, matrices o combinatorios.
- **Materia de Tecnología e Ingeniería.** Se propone eliminar el papel instrumental y subordinado de los sistemas informáticos a los sistemas automáticos, desligando los saberes

de ambos tipos de sistemas. Los saberes informáticos se centran en áreas clave para una introducción a la informática, como son la programación textual, la arquitectura y funcionamiento de los ordenadores y el papel del sistema operativo.

Por último pero no menos importante, se introduce una materia de Informática, que permite un estudio propio y estructurado de la disciplina:

- **Materia de Informática.** Incluye seis competencias específicas, que se desarrollan mediante criterios de evaluación y seis bloques de saberes básicos: programación, algoritmia, computadores, datos y conocimiento, redes y seguridad informática, e informática y sociedad. El bloque de programación permite profundizar en la misma mediante la programación textual y la programación de bloques para dispositivos móviles. El bloque de datos y conocimiento contiene introducciones a las bases de datos y la inteligencia artificial.

2. COMPETENCIA DIGITAL

En la primera sección de este breve capítulo se resume el tratamiento que recibe la competencia digital en los tres Reales Decretos que regulan las enseñanzas mínimas de Educación Primaria, Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, y se resume la propuesta de modificación de los Reales Decretos. La segunda sección presenta la propuesta en todo detalle.

2.1. Análisis de la situación actual y resumen de propuesta

Situación actual. Los Reales Decretos que regulan la Educación Primaria, Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato contienen dos párrafos sobre la competencia digital (BOE, 2022b, 24.408; BOE, 2022c, pág. 41.600; BOE, 2022d, pág. 46.069): un primer párrafo que enuncia los principios de uso de las tecnologías digitales de la competencia digital y un segundo párrafo que enumera las áreas competenciales del marco DIGCOMP. Por tanto, la definición de la competencia digital es igual entre los tres Reales Decretos, que sólo varían en los descriptores operativos presentados a continuación y que desarrollan dichas áreas de competencia digital.

El segundo párrafo citado menciona los pensamientos "computacional" y crítico sin justificación, ya que no forman parte del marco DIGCOMP. No aparece ninguna mención posterior a estos "pensamientos" en los operadores operativos de la competencia digital.

Propuesta de modificación. Se proponen dos modificaciones. Por un lado, se propone que el primer párrafo incluya el uso eficaz de las tecnologías digitales (Informatics Europe & ACM Europe, 2013), ya que los demás calificativos del uso de la competencia digital (seguro, saludable, etc.) sólo tienen sentido si ésta se usa con eficacia.

Por otro lado, se propone eliminar en el segundo párrafo las referencias a los pensamientos computacional y crítico. La referencia al "pensamiento computacional" es superflua porque no se concreta en ningún descriptor operativo y la referencia al pensamiento crítico es redundante, puesto que el uso crítico de la competencia digital ya es mencionado en el primer párrafo como objetivo deseable.

2.2. Propuesta detallada

Se propone la siguiente redacción de los dos párrafos mencionados en los Reales Decretos que regulan las enseñanzas mínimas de Educación Primaria, Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato:

> "La competencia digital implica el uso eficaz, seguro, saludable, sostenible, crítico y responsable de las tecnologías digitales para el aprendizaje, para el trabajo y para la participación en la sociedad, así como la interacción con estas.
>
> Incluye la alfabetización en información y datos, la comunicación y la colaboración, la educación mediática, la creación de contenidos digitales (incluida la programación), la seguridad (incluido el bienestar digital y las competencias relacionadas con la ciberseguridad), asuntos relacionados con la ciudadanía digital, la privacidad y la propiedad intelectual. ~~y el~~

~~pensamiento computacional y crítico~~." (BOE, 2022b, págs. 24.407-8) (BOE, 2022c, pág. 41.600; BOE, 2022d, pág. 46.069)

3. EDUCACIÓN INFANTIL

En la primera sección de este breve capítulo se resume el tratamiento que recibe la informática en el Real Decreto que regula las enseñanzas mínimas de Educación Infantil y se resume la propuesta de modificación del Real Decreto. La segunda sección presenta la propuesta en todo detalle.

3.1. Análisis de la situación actual y resumen de propuesta

Situación actual. La presencia de la informática en el Real Decreto tiene un alcance muy limitado. El Área 2 (Descubrimiento y Exploración del Entorno) incluye en su competencia específica 2 el término "pensamiento computacional":

> "2. Desarrollar, de manera progresiva, los procedimientos del método científico y las destrezas del pensamiento computacional, a través de procesos de observación y manipulación de objetos, para iniciarse en la interpretación del entorno y responder de forma creativa a las situaciones y retos que se plantean." (BOE, 2022a, pág. 14.583)

En total, el término "pensamiento computacional" se cita en 4 ocasiones (BOE, 2022a, págs. 14.582. 14.583 (dos veces), 14.585).

Propuesta de modificación. Se propone sustituir "pensamiento computacional" por el término "programación informática", o más en concreto "programación basada en bloques", ya que es la práctica adoptada de forma generalizada en Educación Infantil. Los lenguajes sencillos de programación basada en bloques se han diseñado teniendo en cuenta las incipientes habilidades motoras, de lectura, de escritura y aritméticas de los alumnos, y desarrollan sus competencias motoras, espaciales, numéricas y de planificación. Ejemplos de estos lenguajes son Code.org, ScratchJr y diversos lenguajes de robótica educativa. De forma alternativa o complementaria, pueden realizarse actividades de informática educativa.

3.2. Propuesta detallada

Las primeras apariciones del término "pensamiento computacional" se sustituirían por "programación informática", más preciso. La motivación del Área 2 (Descubrimiento y Exploración del Entorno) quedaría:

> "Asimismo, experimentará y desplegará progresivamente destrezas sencillas propias del método científico, de la programación informática y del pensamiento de diseño." (BOE, 2022a, pág. 14.582)

Asimismo, la competencia específica 2 quedaría redactada de la siguiente manera:

> "2. Desarrollar, de manera progresiva, los procedimientos del método científico y las destrezas de la programación informática, a través de procesos de observación y manipulación de objetos, para iniciarse en la interpretación del entorno y responder de forma creativa a las situaciones y retos que se plantean." (BOE, 2022a, pág. 14.583)
>
> "Dichos procesos son propios tanto de las destrezas de la programación informática y del pensamiento de diseño como del método científico, y se aplicarán descomponiendo una

> tarea en otras más simples, formulando y comprobando hipótesis, explorando e investigando, relacionando conocimientos y planteando ideas o soluciones originales." (BOE, 2022a, pág. 14.583)

Por último, el criterio de evaluación 2.5 de la competencia específica 2, segundo ciclo, aclararía que el instrumento a usar son lenguajes sencillos de programación basada en bloques:

> "2.5 Programar secuencias de acciones o instrucciones para la resolución de tareas analógicas y digitales, desarrollando habilidades básicas de programación informática usando lenguajes sencillos de programación basada en bloques o actividades de informática desenchufada." (BOE, 2022a, pág. 14.585)

4. EDUCACIÓN PRIMARIA

En la primera sección de este capítulo se resume el tratamiento que recibe la informática en el Real Decreto que regula las enseñanzas mínimas de Educación Primaria y se resume la propuesta de modificación del Real Decreto. La segunda sección presenta la propuesta en todo detalle.

4.1. Análisis de la situación actual y resumen de propuesta

Situación actual. En el Real Decreto que regula la Educación Primaria, se menciona principalmente el "pensamiento computacional", con algunas referencias a informática, programación o algoritmos. Estas menciones aparecen en dos áreas:

- **Área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural.** Esta área consta de nueve competencias específicas y tres bloques de saberes básicos. La competencia específica 3 agrupa los proyectos de diseño y el "pensamiento computacional". El bloque B de saberes básicos ("Tecnología y Digitalización") se desglosa en dos: "Digitalización del entorno personal de aprendizaje" desarrolla la competencia digital, mientras que "Proyectos de diseño y pensamiento computacional" agrupa saberes respectivos de las ingenierías tradicionales y de la ingeniería informática.

  La competencia específica 3 presenta las "fases esenciales del desarrollo de proyectos de diseño para la obtención de un producto final" (BOE, 2022b, pág. 24.415), relativamente similares a las fases de desarrollo de un programa. Sin embargo, para el "pensamiento computacional" no se identifican fases, sino que se "utilizan" los elementos del "pensamiento computacional" vistos en la sección 1.4.3 ("la descomposición de un problema en partes más sencillas, el reconocimiento de patrones, la realización de modelos, la selección de la información relevante y la creación de algoritmos"). Sin embargo, nunca se concretan estos elementos ni se aclara cómo deben utilizarse.

  Esta falta de claridad sobre saberes y destrezas informáticos se repite en los criterios de evaluación y los saberes básicos, situación que no se da en los proyectos de tecnología. Así, el criterio de evaluación 3.3 del primer ciclo incluso no parece conllevar necesariamente aprendizaje de programación por parte del alumno ("mostrar interés…, participando…"), a diferencia de su formulación para proyectos de diseño ("realizar…") (BOE, 2022b, pág. 24.418). En el segundo ciclo, este criterio de evaluación alude a "modificar algoritmos" (BOE, 2022b, pág. 24.422). Ya se ha explicado en la sección 1.4.3 el sinsentido en general de hablar de "modificar algoritmos", por lo que probablemente se utiliza el término "algoritmo" como sinónimo de "programa". También resulta llamativo que los saberes básicos de los ciclos primero y segundo sean *iguales*, difiriendo solamente en el orden de partes de la frase (BOE, 2022b, págs. 24.420 y 24.424).
- **Área de Matemáticas.** El decreto identifica ocho competencias específicas y saberes básicos de seis tipos (llamados "sentidos"). La competencia específica 4 está dedicada al "pensamiento computacional", enumerando los elementos que supuestamente lo forman (vistos en la sección 1.4.3), sin aclarar cómo se deben aplicar, resultando una descripción imprecisa y confusa.

  El "pensamiento computacional" aparece como uno de los cuatro bloques de saberes básicos del sentido algebraico (que proporciona el lenguaje en el que se comunican las matemáticas), junto con patrones, modelo matemático, y relaciones y funciones. No

obstante, el Real Decreto aclara que su inclusión en el sentido algebraico es por conveniencia: "Por razones organizativas, se han incluido el modelo matemático y el pensamiento computacional dentro de este sentido, aunque son dos procesos que deben trabajarse a lo largo del desarrollo de toda el área de matemáticas" (BOE, 2022b, pág. 24.486). También resulta interesante comprobar que los saberes de patrones formulan claramente a qué patrones se refiere, a diferencia de la insistencia del "pensamiento computacional" en un "reconocimiento de patrones" que nunca se concreta.

Como se comentó en la sección 1.4.3, el Real Decreto parece utilizar el término "pensamiento computacional" en esta área en el sentido de modelado y simulación de situaciones de la vida diaria mediante la programación basada en bloques, y el término "algoritmo" como el conjunto de acciones que realizan los personajes de un programa. Esta competencia específica, así como los criterios de evaluación y los saberes básicos, deberían reescribirse para aclarar que se usará la programación para simular situaciones de la vida cotidiana.

Propuesta de modificación. Las propuestas de modificación de dos áreas mencionadas son:

- **Área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural.** El Real Decreto usa el término "pensamiento computacional" en esta área como sinónimo de "programación". Por tanto, se propone utilizar el término "programación informática" (aclarando que se trata de programación basada en bloques) junto a "pensamiento de diseño", así como "informática" junto a "tecnología". También se identifican las fases de desarrollo de un programa.

  La programación del primer ciclo debe adoptar formas sencillas, como actividades físicas (de "informática desenchufada") o lenguajes sencillos de programación basada en bloques (p.ej., Code.org o ScratchJr). Sin embargo, en los ciclos segundo y tercero debe usarse un lenguaje de programación basado en bloques más avanzado (p.ej., Scratch). Asimismo, las competencias específicas sobre programación deben conllevar aprendizaje y ser detalladas y los saberes básicos deben presentar una progresión clara.
- **Área de Matemáticas.** El Real Decreto debería modificarse sustituyendo el término "pensamiento computacional" por el más preciso de modelado y simulación de situaciones de la vida diaria mediante programación basada en bloques. La programación basada en bloques es un instrumento adecuado ya que permite identificar los personajes que deben realizar acciones visibles sobre un "escenario" que presenta un mundo en 2D. Aparte de ganar en claridad, la referencia explícita a programación permite identificar actividades concretas del desarrollo de programas.

  De forma análoga a lo presentado en el área anterior, el modelado y simulación de situaciones de la vida cotidiana seguiría una progresión mediante programación basada en bloques a lo largo de los tres ciclos de Educación Primaria. Para garantizar la coherencia dentro del bloque D, sentido algebraico, los criterios de evaluación y saberes básicos se formulan de forma análoga al modelado matemático, convenientemente adaptados para programación.

4.2. Propuesta detallada

Veamos las propuestas de modificación, agrupadas en los dos ámbitos antes identificados.

4.2.1. Área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural

Los cambios afectan a los párrafos iniciales y a las competencias específicas y saberes básicos de los tres ciclos.

El nombre del bloque B de saberes básicos cambiaría de "Tecnología y digitalización" a "Tecnología, informática y digitalización" para que recoja sus tres componentes (recuérdese que informática y competencia digital son diferentes).

Un párrafo de la introducción al área quedaría redactado así:

> "El bloque de «Tecnología, informática y digitalización» se orienta, por un lado, a la aplicación de las estrategias propias del desarrollo de proyectos de diseño y de programación informática, para la creación de productos de forma cooperativa, que resuelvan y den solución a problemas o necesidades concretas. Por otra parte, este bloque busca también el aprendizaje, por parte del alumnado, del manejo básico de una variedad de herramientas y recursos digitales como medio para satisfacer sus necesidades de aprendizaje, de buscar y comprender información, de reelaborar y crear contenido, de comunicarse de forma efectiva y de desenvolverse en un ambiente digital de forma responsable y segura." (BOE, 2022b, pág. 24.413)

La competencia específica 3 formularía claramente las etapas de desarrollo de un programa, de forma análoga a como se describen para un producto de tecnología:

> "3. Resolver problemas a través de proyectos de diseño y de programación informática, para generar cooperativamente un producto creativo e innovador que responda a necesidades concretas.
>
> La elaboración de proyectos basados en actividades cooperativas supone el desarrollo coordinado, conjunto e interdisciplinar de los saberes básicos de las diferentes áreas para dar respuesta a un reto o problema del entorno físico, natural, social, cultural o tecnológico, utilizando técnicas propias del desarrollo de proyectos de diseño y de programación informática. La detección de necesidades, el diseño, la creación y prueba de prototipos, así como la evaluación de los resultados, son fases esenciales del desarrollo de proyectos de diseño para la obtención de un producto final con valor ecosocial. Por otro lado, el desarrollo de programas informáticos para resolver problemas o proporcionar servicios se realiza en varias fases: el análisis de necesidades, la creación de un diseño basado en la identificación de sus componentes y su comportamiento esperado, la codificación en un lenguaje de programación basado en bloques, así como las pruebas y depuración del programa. Ambas estrategias no son excluyentes, por lo que pueden ser utilizadas de forma conjunta de acuerdo con las necesidades del proyecto." (BOE, 2022b, pág. 24.415)

Asimismo, proponemos incluir la terminología y las fases reales de desarrollo de un programa en los criterios de evaluación y los saberes básicos de los tres ciclos. También es importante resaltar el potencial de la programación basada en bloques para que los alumnos construyan programas que sean relevantes personalmente para ellos, como instrumentos para expresarse y para manifestar su creatividad.

Su redacción quedaría de la siguiente forma:

"Primer ciclo

Criterios de evaluación

(…)

Competencia específica 3.

3.1 Realizar, de forma guiada, un producto final sencillo que dé solución a un problema de diseño, probando en equipo diferentes prototipos y utilizando de forma segura los materiales adecuados.

3.2 Presentar de forma oral o gráfica el producto final de los proyectos de diseño o de programación, explicando los pasos seguidos con ayuda de un guion.

3.3 Realizar, de forma guiada, individualmente o en equipo, un programa sencillo basado en bloques sobre un tema motivador, que permita manifestar la expresividad y creatividad, como simulaciones, historias o juegos." (BOE, 2022b, pág. 24.418)

(…)

"Saberes básicos

(…)

B. Tecnología, informática y digitalización.

(…)

2. Proyectos de diseño y de programación informática.

– Fases de los proyectos de diseño: prototipado, prueba y comunicación.

– Materiales adecuados a la consecución de un proyecto de diseño.

– Fases de los proyectos de programación: codificación, prueba, depuración y documentación.

– Elementos básicos de programación, mediante actividades de informática desenchufada o usando un lenguaje de programación sencillo basado en bloques.

– Estrategias básicas de trabajo en equipo." (BOE, 2022b, pág. 24.420)

"Segundo ciclo

Criterios de evaluación

(…)

Competencia específica 3.

3.1 Construir en equipo un producto final sencillo que dé solución a un problema de diseño, proponiendo posibles soluciones, probando diferentes prototipos y utilizando de forma segura las herramientas, técnicas y materiales adecuados.

3.2 Presentar el producto final de los proyectos de diseño o de programación en diferentes formatos y explicando los pasos seguidos.

3.3 Construir en equipo un programa sencillo sobre un tema motivador, expresando su comportamiento esperado, proponiendo un diseño formado por personajes, disfraces,

fondos y sonidos, y desarrollando y probando sucesivas versiones de complejidad creciente." (BOE, 2022b, pág. 24.422)

(…)

Saberes básicos

"B. Tecnología, informática y digitalización.

(…)

2. Proyectos de diseño y de programación informática.

– Fases de los proyectos de diseño: diseño, prototipado, prueba y comunicación.

– Materiales, herramientas y objetos adecuados a la consecución de un proyecto de diseño.

– Técnicas cooperativas sencillas para el trabajo en equipo y estrategias para la gestión de conflictos y promoción de conductas empáticas e inclusivas.

– Fases de los proyectos de programación: diseño, codificación, prueba, depuración y documentación.

– Elementos avanzados de la programación basada en bloques." (BOE, 2022b, pág. 24.424)

"Tercer ciclo

Criterios de evaluación

(…)

Competencia específica 3.

3.1 Plantear problemas de diseño o de programación que se resuelvan con la creación de un prototipo o solución digital, evaluando necesidades del entorno y estableciendo objetivos concretos.

3.2 Diseñar posibles soluciones a los problemas planteados de acuerdo con técnicas sencillas de los proyectos de diseño y programación, mediante estrategias básicas de gestión de proyectos cooperativos, teniendo en cuenta los recursos necesarios y estableciendo criterios concretos para evaluar el proyecto.

3.3 Desarrollar un producto final que dé solución a un problema de diseño o de programación, probando en equipo diferentes prototipos, soluciones digitales o programas y utilizando de forma segura las herramientas, dispositivos, técnicas y materiales o lenguajes adecuados.

3.4 Comunicar el diseño de un producto final, adaptando el mensaje y el formato a la audiencia, explicando los pasos seguidos, justificando por qué ese prototipo, solución digital o programa cumple con los requisitos del proyecto y proponiendo posibles retos para futuros proyectos." (BOE, 2022b, pág. 24.426)

(…)

Saberes básicos

"B. Tecnología, informática y digitalización.

(…)

2. Proyectos de diseño y de programación informática.

– Fases de los proyectos de diseño: identificación de necesidades, diseño, prototipado, prueba, evaluación y comunicación.

– Fases de los proyectos de programación: análisis de necesidades, diseño, codificación, pruebas, depuración y documentación.

– Materiales, herramientas, objetos, dispositivos y recursos digitales (programación por bloques, sensores, motores, simuladores, impresoras 3D…) seguros y adecuados a la consecución de un proyecto de diseño y programación.

– Estrategias en situaciones de incertidumbre: adaptación y cambio de estrategia cuando sea necesario, valoración del error propio y el de los demás como oportunidad de aprendizaje." (BOE, 2022b, pág. 24.429)

4.2.2. Área de Matemáticas

Dado que el Real Decreto utiliza el término "pensamiento computacional" en esta área en el sentido de modelado mediante la programación de "situaciones de la vida diaria", para su simulación, se sustituirían las referencias al mismo en la introducción por informática o programación:

> "Las matemáticas, presentes en casi cualquier actividad humana, tienen un marcado carácter instrumental que las vincula con la mayoría de las áreas de conocimiento: las ciencias de la naturaleza, la informática, la tecnología, las ciencias sociales e incluso el arte o la música. Además, poseen un valor propio, constituyen un conjunto de ideas y formas de actuar que permiten conocer y estructurar la realidad, analizarla y obtener información nueva y conclusiones que inicialmente no estaban explícitas. Las matemáticas integran características como el dominio del espacio, el tiempo, la proporción, la optimización de recursos, el análisis de la incertidumbre o el manejo de la tecnología digital; y promueven el razonamiento, la argumentación, la comunicación, la perseverancia, la toma de decisiones o la creatividad. Por otra parte, en el momento actual, cobran especial interés los elementos relacionados con el manejo de datos e información y la programación informática, que proporcionan instrumentos eficaces para afrontar el nuevo escenario que plantean los retos y desafíos del siglo XXI. En este sentido, las matemáticas desempeñan un papel esencial ante los actuales desafíos sociales y medioambientales a los que el alumnado tendrá que enfrentarse en su futuro, como instrumento para analizar y comprender mejor el entorno cercano y global, los problemas sociales, económicos, científicos y ambientales y para evaluar modos de solución viables, contribuyendo de forma directa a los Objetivos de Desarrollo Sostenible planteados por las Naciones Unidas." (BOE, 2022b, pág. 24.485)
>
> "Las competencias específicas, que se relacionan entre sí constituyendo un todo interconectado, se organizan en cinco ejes fundamentales: resolución de problemas, razonamiento y prueba, conexiones, comunicación y representación, y destrezas socioafectivas. Además, orientan sobre los procesos y principios metodológicos que deben dirigir la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas y favorecen el enfoque interdisciplinar y la innovación. La resolución de problemas, que constituye el primero de los ejes

mencionados, se debe favorecer no solo como competencia específica del área, sino como método para su aprendizaje. La resolución de problemas es una actividad presente en la vida diaria y a través de la cual se ponen en acción otros ejes del área como el razonamiento y la programación informática, la representación de objetos matemáticos y el manejo y la comunicación a través del lenguaje matemático." (BOE, 2022b, pág. 24.486).

"El sentido algebraico proporciona el lenguaje en el que se comunican las matemáticas. Engloba los saberes relacionados con el reconocimiento de patrones y las relaciones entre variables, la expresión de regularidades o la modelización de situaciones con expresiones simbólicas. Por razones organizativas, se han incluido el modelado matemático e informático dentro de este sentido, aunque son dos procesos que deben trabajarse a lo largo del desarrollo de toda el área de matemáticas." (BOE, 2022b, pág. 24.486)

La redacción de la competencia específica 4 queda y sus criterios de evaluación y saberes básicos quedaría de la siguiente forma:

Competencias específicas

(…)

"4. Utilizar el pensamiento informático, diseñando y creando programas de forma guiada, para modelizar y automatizar situaciones de la vida cotidiana.

El desarrollo de programas informáticos se presenta como una de las destrezas clave en el futuro del alumnado, ya que entronca directamente con la resolución de problemas y con el planteamiento de procedimientos. Requiere el análisis de las situaciones de la vida diaria para identificar sus aspectos más relevantes, su modelado como componentes de un programa informático y el desarrollo del programa, para su ejecución de forma autónoma o en interacción con un humano.

Llevar el desarrollo de programas informáticos a la vida diaria supone relacionar los aspectos fundamentales de la informática con las necesidades del alumnado. De este modo, se le prepara para un futuro cada vez más tecnológico, mejorando sus capacidades intelectuales y haciendo uso de abstracciones para resolver problemas complejos. En esta etapa, dicho pensamiento debería entrenarse y desarrollarse específicamente con metodologías y estrategias guiadas de programación." (BOE, 2022b, pág. 24.488)

(…)

Primer ciclo

Criterios de evaluación

(…)

"Competencia específica 4.

4.1 Describir y recrear rutinas y actividades sencillas de la vida cotidiana que se realicen paso a paso, utilizando principios básicos de programación de forma guiada.

4.2 Emplear lenguajes de programación sencillos basados en bloques u otras herramientas tecnológicas adecuadas, de forma guiada, en el proceso de modelado de situaciones de la vida cotidiana." (BOE, 2022b, pág. 24.491)

(…)

Saberes básicos

(…)

D. Sentido algebraico

(…)

"4. Pensamiento informático.

– Proceso guiado de modelado y simulación de situaciones de la vida cotidiana, mediante actividades de informática desenchufada o usando un lenguaje de programación sencillo basado en bloques." (BOE, 2022b, pág. 24.493)

Segundo ciclo

Criterios de evaluación

(…)

"Competencia específica 4.

4.1 Programar y ejecutar situaciones sencillas de la vida cotidiana que se realicen paso a paso o sigan una rutina, utilizando de forma pautada principios básicos de programación.

4.2 Emplear lenguajes de programación avanzados basados en bloques u otras herramientas tecnológicas adecuadas en el proceso de modelado de situaciones de la vida cotidiana." (BOE, 2022b, pág. 24.494)

(…)

Saberes básicos

(…)

D. Sentido algebraico

(…)

"4. Pensamiento informático.

– Elementos de control en la programación basada en bloques: secuencia, repetición, alternativa, paralelismo y eventos.

– Proceso pautado de modelado y simulación de problemas de la vida cotidiana, usando un lenguaje de programación basado en bloques." (BOE, 2022b, pág. 24.497)

Tercer ciclo

Criterios de evaluación

(…)

"Competencia específica 4.

4.1 Modelizar y simular situaciones de la vida cotidiana mediante programas utilizando, de forma pautada, principios básicos de programación.

4.2 Emplear lenguajes de programación avanzados basados en bloques u otras herramientas tecnológicas adecuadas en la investigación y modelado de situaciones de la vida cotidiana." (BOE, 2022b, pág. 24.499)

(…)

Saberes básicos

(…)

D. Sentido algebraico

(…)

"4. Pensamiento informático.

− Patrones para el modelado y simulación de situaciones de la vida cotidiana y el diseño y programación de puzles y juegos matemáticos mediante programación basada en bloques.

– Proceso de modelado y simulación de situaciones de la vida cotidiana, usando un lenguaje de programación avanzado basado en bloques." (BOE, 2022b, pág. 24.502)

5. EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

En la primera sección de este capítulo se resume el tratamiento que recibe la informática en el Real Decreto que regula las enseñanzas mínimas de Educación Secundaria Obligatoria y se resume la propuesta de modificación del Real Decreto. La segunda sección presenta la propuesta en todo detalle.

5.1. Análisis de la situación actual y resumen de propuesta

Situación actual. En el Real Decreto que regula la Educación Secundaria Obligatoria, de nuevo se menciona principalmente el "pensamiento computacional", con algunas referencias a informática, programación o algoritmos. Estas menciones aparecen en cinco materias:

- **Materia de Biología y Geología.** La competencia específica 4 alude al "pensamiento computacional". (BOE, 2022c, pág. 41.608). Sin embargo, su explicación trata el método científico, desapareciendo cualquier mención al "pensamiento computacional" (BOE, 2022c, pág. 41.608). El término "pensamiento computacional" vuelve a aparecer en el criterio de evaluación 4.1 de la competencia 4 de forma muy genérica, tanto para los cursos primero a tercero (BOE, 2022c, pág. 41.610) como para el curso cuarto (BOE, 2022c, págs. 41.613-4), pero sin concretarse en ningún saber básico. Por tanto, la redacción de esta parte de la materia es incoherente.
- **Materia de Matemáticas.** Es una materia que recibe este nombre en los tres primeros cursos, pero en cuarto curso puede optarse por Matemáticas A o Matemáticas B. Las referencias al "pensamiento computacional" son similares a las encontradas en el Real Decreto que regula la Educación Primaria. Hay un mayor énfasis en el análisis de problemas y el modelado de soluciones, desviándose de la mera "interpretación, automatización o modelización" de situaciones de la vida cotidiana presente en Educación Primaria. Sin embargo, estos aspectos son muy genéricos y no se concretan de forma clara en saberes básicos ni criterios de evaluación. Basta comprobar cualquier libro de texto para comprobar la ausencia de saberes básicos asociados.
- **Materia de Tecnología y Digitalización**. Es una materia de los tres primeros cursos. Los saberes básicos se organizan en cinco bloques: Proceso de resolución de problemas; Comunicación y difusión de ideas; Pensamiento computacional, programación y robótica; Digitalización del entorno personal de aprendizaje; y Tecnología sostenible. El bloque cuarto aborda la competencia digital, mientras que los otros cuatro se centran en proyectos de las ingenierías tradicionales. El bloque de "Pensamiento computacional, programación y robótica" contiene algo de programación, pero en formas muy simples, subordinadas a la automática y la robótica.

  El Real Decreto alterna en esta materia el uso de diversos términos de informática: "pensamiento computacional", "algoritmos" y "programación". El "pensamiento computacional" se cita en la introducción y forma parte del título del bloque C de saberes básicos ("Pensamiento computacional, programación y robótica"). Los algoritmos se citan en la competencia específica 5 y en el bloque C de saberes básicos. Por último, la programación se cita en la competencia específica 5 y en el título del bloque C de saberes básicos, pero no entre los propios saberes (salvo en el contexto del control programado y

la robótica). Resulta difícil encontrar coherencia en el Real Decreto en esta alternancia entre conceptos informáticos distintos.

En la sección 1.4 se explicó que la programación y la algoritmia son materias no triviales, cuyo aprendizaje requiere un gran esfuerzo y una cuidadosa planificación pedagógica en el tiempo. La materia de Tecnología y Digitalización prevé 7 competencias específicas y 5 bloques de saberes básicos. Por tanto, la dedicación solamente de una competencia específica y parte de un bloque es claramente insuficiente para el estudio de la programación o la algoritmia y aún menos de ambas materias. Tanto lo limitado de su tratamiento como las incoherencias antes señaladas sugieren un tratamiento muy específico de la programación, aplicada a sistemas automáticos y robóticos (como se describió en la sección 1.4.4).

- **Materia de Tecnología.** Es una materia optativa de cuarto curso que profundiza en los aspectos de Tecnología de la materia de Tecnología y Digitalización de los tres primeros cursos. El Real Decreto hace algunas referencias al "pensamiento computacional", con el sentido particular del control programado en sistemas automáticos y robóticos, ya usado en la Materia de Tecnología y Digitalización.
- **Materia de Digitalización**. Es una materia optativa de cuarto curso que profundiza en los aspectos de competencia digital de la materia de Tecnología y Digitalización de los tres primeros cursos. Los saberes básicos se organizan en cuatro bloques: Dispositivos digitales, sistemas operativos y de comunicación; Digitalización del entorno personal de aprendizaje; Seguridad y bienestar digital; y Ciudadanía digital crítica. Dada su orientación exclusiva a la competencia digital, el Real Decreto apenas incluye saberes básicos de informática que permitirían una comprensión más profunda de los cuatro bloques, limitándose a algunos saberes mínimos sobre la arquitectura de los computadores y las redes informáticas.

Propuesta de modificación. Las propuestas de modificación de las cinco áreas mencionadas son:

- **Materia de Biología y Geología.** Dado que el bloque de saberes básicos de esta materia en el que se menciona el "pensamiento computacional" se denomina "A. Proyecto científico", la competencia 4 y sus criterios de evaluación quedan redactados de forma coherente con sustituir simplemente las referencias al "pensamiento computacional" por "pensamiento científico".
- **Materia de Matemáticas.** Para los tres primeros cursos se proponen dos tipos de saberes básicos estrechamente ligados a la resolución de problemas mediante la informática. Por un lado, se presentarían los fundamentos de la representación de datos en los ordenadores mediante el sistema de numeración binario. El sistema binario también permite conocer cómo se representa cualquier información (números, texto, etc.) usando códigos informáticos, así como algunas aplicaciones sencillas, como el encriptado de mensajes. Por otro lado, se presentaría la lógica proposicional, que permite realizar razonamientos limitados pero rigurosos, necesarios para la formulación de condiciones compuestas en cálculos de tipo algorítmico.

  En el cuarto curso, se realizaría una introducción al concepto de algoritmo. En primer lugar, se introducirán gradualmente los conceptos de problema computacional y algoritmo, pasando de formalizar y resolver problemas concretos a problemas genéricos mediante un proceso de abstracción. Los algoritmos pueden expresarse mediante operaciones matemáticas y los elementos de control de los lenguajes de programación (secuencia, repetición y alternativa). Pueden revisitarse saberes básicos de matemáticas como ejemplos

sencillos de algoritmos, por ejemplo, el cálculo del producto de dos números mediante sumas o de una potencia mediante multiplicaciones.

- **Materias de Tecnología y Digitalización, y Tecnología**. Se realizan algunos cambios en los párrafos introductorios de ambas materias, así como en la competencia específica 4 de la materia de Tecnología, reemplazando las referencias al "pensamiento computacional" por "programación" o "control programado", según el contexto. Asimismo, se modifica la competencia específica 5 de la materia de Tecnología y Digitalización para aclarar la forma limitada de programación que se desarrolla en los saberes básicos. Por último, el bloque C de saberes de ambas materias cambiaría de título para recoger de forma más precisa sus contenidos, llamándose "Programación, control programado y robótica".
- **Materia de Digitalización**. Se propone la inclusión de algunos conceptos básicos adicionales de informática (arquitectura de computadores, sistemas operativos y seguridad informática) y de su impacto social y personal que ayuden a comprender mejor las áreas de competencia digital correspondientes. Asimismo, se da un tratamiento más completo a la creación y edición de contenidos en el área de Digitalización del entorno personal del aprendizaje, por medio de las aplicaciones ofimáticas de más amplio uso. En concreto, se enfatizan las hojas de cálculo, ya que son herramientas que permiten modelar situaciones de la vida cotidiana y resolverlas de forma sencilla. Como consecuencia, los estudiantes consolidarían y profundizarían en sus conocimientos básicos de programación (variables, instrucciones de control). Sin embargo, se quitaría la referencia a tecnologías de programación para plataformas especializadas (p.ej., para dispositivos móviles o realidad aumentada), ya que requieren conocimientos técnicos y de programación más avanzados.

5.2. Propuesta detallada

Veamos las propuestas de modificación de las cinco materias.

5.2.1. Materia de Biología y Geología

La competencia específica 4 quedaría redactada de la siguiente manera:

> "4. Utilizar el razonamiento y el pensamiento científico, analizando críticamente las respuestas y soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología." (BOE, 2022c, pág. 41.608)

Asimismo, el criterio de evaluación 4.1 quedaría para todos los cursos:

> "Competencia específica 4.
>
> 4.1 Resolver problemas o dar explicación a procesos biológicos o geológicos utilizando conocimientos, datos e información proporcionados por el docente, el razonamiento lógico, el pensamiento científico o recursos digitales." (BOE, 2022c, págs. 41.610 y 41.613)

5.2.2. Materia de Matemáticas

Se modificarían ligeramente dos párrafos de la introducción a la materia para utilizar un lenguaje más preciso, identificando el modelado de los datos, los algoritmos y los programas como instrumentos útiles:

> "Por otro lado, resolver problemas no es solo un objetivo del aprendizaje de las matemáticas, sino que también es una de las principales formas de aprender matemáticas. En la resolución de problemas destacan procesos como su interpretación, la traducción al lenguaje matemático, la aplicación de estrategias matemáticas, la evaluación del proceso y la comprobación de la validez de las soluciones. Relacionado con la resolución de problemas se encuentra el pensamiento informático. Este incluye el análisis del problema, el modelado de sus aspectos relevantes, la representación de los datos y el diseño de una solución lógica o algorítmica. Los algoritmos pueden codificarse con instrucciones de un lenguaje de programación que puedan ser ejecutadas como un programa autónomo, por una persona o una combinación de ambas, lo cual amplía la capacidad de resolver problemas y promueve el uso eficiente de recursos digitales." (BOE, 2022c, pág. 41.725)

> "El sentido algebraico proporciona el lenguaje en el que se comunican las matemáticas. Ver lo general en lo particular, reconociendo patrones y relaciones de dependencia entre variables y expresándolas mediante diferentes representaciones, así como la modelización de situaciones matemáticas o del mundo real con expresiones simbólicas son características fundamentales del sentido algebraico. La formulación, representación y resolución de problemas a través de herramientas y conceptos propios de la informática son características del pensamiento informático. Por razones organizativas, en el sentido algebraico se han incorporado dos apartados denominados Pensamiento informático y Modelo matemático, que no son exclusivos del sentido algebraico y, por lo tanto, deben trabajarse de forma transversal a lo largo de todo el proceso de enseñanza de la materia." (BOE, 2022c, pág. 41.726)

Veamos a continuación una redacción de la competencia específica 4, así como los criterios de evaluación y los saberes básicos del bloque "D. Sentido algebraico; 6. Pensamiento informático".

> Competencias específicas
>
> (…)
>
> "4. Utilizar los principios del pensamiento informático, representando y manipulando datos y modelando situaciones mediante la lógica para realizar deducciones.
>
> El pensamiento informático entronca directamente con la resolución de problemas mediante el modelado informático, utilizando la abstracción para determinar los aspectos relevantes de situaciones, representando los datos de una forma adecuada para su procesamiento automático y expresando las situaciones en el lenguaje de la lógica para poder realizar deducciones lógicas. Llevar el pensamiento informático a la vida diaria supone relacionar los aspectos fundamentales de la informática con las necesidades del alumnado.
>
> El desarrollo de esta competencia conlleva la creación de modelos abstractos de situaciones cotidianas, tanto de los datos como de sus relaciones lógicas." (BOE, 2022c, pág. 41.728)
>
> (…)

Cursos primero a tercero

Criterios de evaluación

(…)

"Competencia específica 4.

4.1 Representar datos de forma susceptible de un tratamiento informático eficaz y seguro.

4.2 Modelizar situaciones y realizar deducciones mediante sentencias de lógica proposicional." (BOE, 2022c, pág. 41.731)

(…)

Saberes básicos

(…)

D. Sentido algebraico

(…)

"6. Pensamiento informático.

− El sistema de numeración binario. Operaciones aritméticas sobre números binarios. Representación de caracteres con el sistema binario: código ASCII, códigos de Huffman.

− Métodos criptográficos sencillos: transposición, sustitución, método César.

− Lógica proposicional. Proposiciones, operadores lógicos y tablas de verdad.

− Formulación de frases del lenguaje cotidiano mediante sentencias de lógica proposicional." (BOE, 2022c, pág. 41.734)

Matemáticas A, Matemáticas B

Criterios de evaluación

(…)

"Competencia específica 4.

4.1 Generalizar situaciones problematizadas como problemas computacionales a resolver algorítmicamente.

4.2 Resolver problemas numéricos de forma eficaz mediante algoritmos." (BOE, 2022c, págs. 41.736 y 41.741)

(…)

Saberes básicos

(…)

D. Sentido algebraico

(…)

"6. Pensamiento informático.

– Análisis, formulación y resolución de problemas de la vida cotidiana y de la ciencia y la tecnología, distinguiendo entre problemas concretos y genéricos. Concepto de problema computacional y de algoritmo.

– Uso de conceptos de control de programación (secuencia, alternativa y repetición) para la formulación de algoritmos sencillos. Condiciones compuestas mediante operadores de la lógica proposicional.

– Formulación algorítmica de cálculos numéricos (por ejemplo, máximo, potencia, algoritmo de Euclides, criba de Eratóstenes).” (BOE, 2022c, págs. 41.739 y 41.743-4)

5.2.3. Materia de Tecnología y Digitalización

El bloque C se denominaría “C. Programación, control programado y robótica” (BOE, 2022c, pág. 41.766).

De esta forma, los párrafos introductorios podrían modificarse de la siguiente manera:

> “Las competencias específicas están estrechamente relacionadas con los ejes estructurales que vertebran la materia y que condicionan el proceso de enseñanza-aprendizaje de la misma. Estos ejes están constituidos por la aplicación de la resolución de problemas mediante un aprendizaje basado en el desarrollo de proyectos, el aprendizaje del control programado, la incorporación de las tecnologías digitales en los procesos de aprendizaje, la naturaleza interdisciplinar propia de la tecnología, su aportación a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y su conexión con el mundo real, así como el fomento de actitudes como la creatividad, la cooperación, el desarrollo tecnológico sostenible o el emprendimiento.
>
> (…)
>
> En este sentido, ya en Educación Primaria se hace referencia a la digitalización del entorno personal de aprendizaje, a los proyectos de diseño y a la programación desde diferentes áreas para el desarrollo, entre otras, de la competencia digital. La materia de «Tecnología y Digitalización» en la Educación Secundaria Obligatoria parte, por lo tanto, de los niveles de desempeño adquiridos en la etapa anterior tanto en competencia digital como en competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería, contribuyendo al fomento de las vocaciones científico-tecnológicas, especialmente entre las alumnas.
>
> (…)
>
> Los saberes básicos de la materia se organizan en cinco bloques: «Proceso de resolución de problemas»; «Comunicación y difusión de ideas»; «Programación, control programado y robótica»; «Digitalización del entorno personal de aprendizaje» y «Tecnología sostenible».
>
> (…)
>
> El bloque «Programación, control programado y robótica» abarca los fundamentos de la algoritmia para el diseño y desarrollo de aplicaciones informáticas sencillas para ordenador y dispositivos móviles, siguiendo con la automatización programada de procesos, la conexión de objetos cotidianos a internet y la robótica.” (BOE, 2022c, págs. 41.760-1)

También se modificaría parte de la competencia específica 5:

"5. Desarrollar algoritmos y aplicaciones informáticas en distintos entornos, usando o modificando programas ya preparados o módulos de programación e incorporando las tecnologías emergentes, para crear soluciones a problemas concretos, automatizar procesos y aplicarlos en sistemas de control o en robótica.

Esta competencia hace referencia a la aplicación de la programación a proyectos de ingeniería tradicional. De esta forma, la competencia está enfocada al diseño y activación de algoritmos planteados para lograr un objetivo concreto. Ejemplos de este objetivo serían el desarrollo de una aplicación informática, la automatización de un proceso o el desarrollo del sistema de control de una máquina en la que intervengan distintas entradas y salidas; es decir, la aplicación de la tecnología digital en el control de objetos o máquinas, automatizando rutinas y facilitando la interactuación con los objetos, incluyendo así, los sistemas controlados mediante la programación de una tarjeta controladora o los sistemas robóticos. De este modo, se presenta una oportunidad de aprendizaje integral de la materia, en la que se engloban los diferentes aspectos del diseño y construcción de soluciones tecnológicas en las que intervienen tanto elementos digitales como no digitales." (BOE, 2022c, pág. 41.763)

5.2.4. Materia de Tecnología

De nuevo, el bloque C. se denominaría "C. Programación, control programado y robótica" (BOE, 2022c, pág. 41.759).

Los párrafos introductorios podrían modificarse de la siguiente manera:

"La materia «Tecnología» da continuidad tanto al abordaje transversal de la disciplina durante la etapa de Educación Primaria, donde el alumnado se inicia en el desarrollo de proyectos de diseño y de programación, como a la materia de «Tecnología y Digitalización» en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria. Permite, además, profundizar en la adquisición de competencias, así como desarrollar una actitud emprendedora de cara a estudios posteriores o al desempeño de actividades profesionales.

El carácter interdisciplinar de la materia contribuye a la adquisición de los objetivos de etapa y de los descriptores de las distintas competencias clave que conforman el Perfil de salida del alumnado al término de la enseñanza básica. Ambos elementos –los objetivos de etapa y el Perfil de salida– orientan las competencias específicas de la materia. Los ejes vertebradores sobre los que se asientan dichas competencias específicas son: la naturaleza transversal propia de la tecnología; el impulso de la colaboración y el trabajo en equipo; el control programado y sus implicaciones en la automatización y en la conexión de dispositivos a internet; así como el fomento de actitudes como la creatividad, la perseverancia, la responsabilidad en el desarrollo tecnológico sostenible o el emprendimiento incorporando las tecnologías digitales. Cabe destacar la resolución de problemas interdisciplinares como eje vertebrador de la materia que refleja el enfoque competencial de la misma.

(…)

La materia se organiza en cuatro bloques de saberes básicos interrelacionados: «Proceso de resolución de problemas», «Operadores tecnológicos», «Programación, control programado y robótica» y «Tecnología sostenible».

(…)

El bloque «Programación, control programado y robótica» establece las bases, no solamente para entender, sino también para saber diseñar e implementar sistemas de control programado, así como programar ordenadores o dispositivos móviles. La incorporación de módulos de inteligencia artificial y técnicas de ingeniería de datos ofrecen aquí un valor añadido. En esta misma línea, la integración de telecomunicaciones en los sistemas de control abre la puerta al internet de las cosas y permite su uso en aplicaciones prácticas pudiendo dar respuesta a las necesidades personales o colectivas." (BOE, 2022c, págs. 41.753-4)

También habría que realizar algunos cambios en la competencia específica 4:

"4. Desarrollar soluciones automatizadas a problemas planteados, aplicando los conocimientos necesarios e incorporando tecnologías emergentes, para diseñar y construir sistemas de control programables y robóticos.

Esta competencia hace referencia a la aplicación de los conocimientos científico-tecnológicos y de los principios del control programado en el proceso de diseño, simulación o construcción de sistemas capaces de realizar funciones de forma autónoma. Por un lado, implica actuaciones dirigidas a la modelización y dimensionado de sistemas automáticos o robóticos que permitan la incorporación de la automatización de tareas: la selección de los materiales adecuados, la implementación del sistema tecnológico que fundamenta el funcionamiento de la máquina, y el diseño y dimensionado de sus elementos electro-mecánicos. Por otro lado, se incluyen aspectos relativos a la implementación de los algoritmos adecuados para el control automático de máquinas o el desarrollo de aplicaciones informáticas que resuelvan un problema concreto en diversos dispositivos: computadores, dispositivos móviles y placas microcontroladoras." (BOE, 2022c, pág. 41.756)

5.2.5. Materia de Digitalización

Los párrafos introductorios se modificarían para mencionar los saberes básicos de informática a introducir:

"En la etapa de Educación Primaria el alumnado desarrolla su alfabetización digital y comienza a interactuar y comunicarse en entornos digitales, por lo que necesita aprender a gestionar su identidad digital y salvaguardarla. A lo largo de la Educación Secundaria Obligatoria, la materia de «Tecnología y Digitalización» asienta los conocimientos, destrezas y actitudes en competencia digital. Por su parte, la materia «Digitalización» trata temas necesarios para poder ejercer una ciudadanía digital activa y comprometida y para una comprensión mínima de las áreas de la informática que respaldan la competencia digital, completando así el proceso formativo.

(…)

El primer bloque, «Dispositivos digitales, sistemas operativos y de comunicación», comprende una serie de saberes relacionados entre sí. Parten tanto del conocimiento de la arquitectura y componentes de dispositivos digitales y sus dispositivos conectados *(hardware)* como de la función, instalación y configuración de los sistemas operativos *(software)*. Se persigue trabajar con saberes de tipo conceptual y procedimental, tanto relativos a la

configuración y conexión de dispositivos, como a la resolución de problemas que puedan aparecer. También se incide aquí en la adquisición de hábitos de reutilización de materiales y ahorro energético.

El bloque «Seguridad y bienestar digital» presenta conceptos básicos de seguridad informática, centrándose en los tres pilares de la seguridad: el de los dispositivos, el de los datos y el de la integridad de las personas. Busca que el alumnado conozca e implemente medidas preventivas para hacer frente a los posibles riesgos y amenazas a los que los dispositivos, los datos y las personas están expuestos en un mundo en el que se interactúa constantemente en entornos digitales. Pone especial énfasis en hacer consciente al alumnado de la importancia de cuidar la identidad, la reputación digital, la privacidad de los datos y la huella digital que se deja en la red. En este bloque también se abordan problemas como los discursos de odio, el ciberacoso, la suplantación de identidades, los contenidos inadecuados y el abuso en los tiempos de conexión, asuntos que pueden suponer amenazas para el bienestar físico y mental del alumnado. Se trata de un bloque de naturaleza eminentemente actitudinal dirigido a promover estrategias que permitan al alumnado tomar conciencia de esta realidad y generar actitudes de prevención y protección, a la par que promover el respeto a los demás.

El último bloque, «Ciudadanía digital crítica», tiene por objeto que el alumnado conozca y gestione algunas consecuencias de la informática sobre la sociedad y las relaciones personales y sociales. Se busca que el alumnado reflexione sobre las interacciones que realiza en la red, considerando la libertad de expresión, la etiqueta digital que debe primar en sus interacciones y el correcto uso de las licencias y la propiedad intelectual de los recursos digitales compartidos. Las gestiones administrativas y las interacciones comerciales en línea también son elementos emergentes que conviene conocer y que están presentes en este bloque. Por último, el activismo en línea y la ética en la sociedad conectada son temas que van a consolidar una ciudadanía digital crítica del hoy y del mañana para ir más allá del consumo pasivo de pantallas, aplicaciones o datos." (BOE, 2022c, págs. 41.616-7)

Dado el carácter básico de los conocimientos de informática introducidos, no sería necesario modificar las competencias específicas y solamente se introducirían o modificarían ligeramente los criterios de evaluación y los saberes básicos de tres bloques:

"Criterios de evaluación.

Competencia específica 1.

1.1 Conocer principios básicos de la arquitectura y funcionamiento de los dispositivos digitales, los sistemas operativos y las redes informáticas.

1.2 Conectar dispositivos y gestionar redes locales aplicando los conocimientos y procesos asociados a sistemas de comunicación alámbrica e inalámbrica con una actitud proactiva.

1.3 Instalar y mantener sistemas operativos configurando sus características en función de sus necesidades personales.

1.4 Identificar y resolver problemas técnicos sencillos analizando componentes y funciones de los dispositivos digitales, evaluando las soluciones de manera crítica y reformulando el procedimiento, en caso necesario.

(…)

Competencia específica 3.

3.1 Conocer principios básicos de seguridad informática.

3.2 Proteger los datos personales y la huella digital generada en internet, configurando las condiciones de privacidad de las redes sociales y espacios virtuales de trabajo.

3.3 Configurar y actualizar contraseñas, sistemas operativos y antivirus de forma periódica en los distintos dispositivos digitales de uso habitual

3.4 Identificar y saber reaccionar ante situaciones que representan una amenaza en la red, escogiendo la mejor solución entre diversas opciones, desarrollando prácticas saludables y seguras, y valorando el bienestar físico y mental, tanto personal como colectivo.

Competencia específica 4.

4.1 Conocer el impacto de la informática sobre la sociedad y las relaciones personales y sociales.

4.2 Hacer un uso ético de los datos y las herramientas digitales, aplicando las normas de etiqueta digital y respetando la privacidad y las licencias de uso y propiedad intelectual en la comunicación, colaboración y participación activa en la red.

4.3 Reconocer las aportaciones de las tecnologías digitales en las gestiones administrativas y el comercio electrónico, siendo consciente de la brecha social de acceso, uso y aprovechamiento de dichas tecnologías para diversos colectivos.

4.4 Valorar la importancia de la oportunidad, facilidad y libertad de expresión que suponen los medios digitales conectados, analizando de forma crítica los mensajes que se reciben y transmiten teniendo en cuenta su objetividad, ideología, intencionalidad, sesgos y caducidad.

4.5 Analizar la necesidad y los beneficios globales de un uso y desarrollo ecosocialmente responsable de las tecnologías digitales, teniendo en cuenta criterios de accesibilidad, sostenibilidad e impacto." (BOE, 2022c, pág. 41.619)

"Saberes básicos.

A. Dispositivos digitales, sistemas operativos y de comunicación.

– Arquitectura de ordenadores: elementos, montaje, configuración y resolución de problemas.

– Sistemas operativos: función, ficheros y su organización en carpetas, instalación y configuración de usuario.

– Sistemas de comunicación e internet: dispositivos de red y funcionamiento. Procedimiento de configuración de una red doméstica y conexión de dispositivos.

– Dispositivos conectados *(IoT + Wearables):* configuración y conexión de dispositivos.

B. Digitalización del entorno personal de aprendizaje.

– Tipos de información y formatos de ficheros. Búsqueda, selección y archivo de información.

– Edición y creación de contenidos. Aplicaciones ofimáticas: agendas, procesadores de texto, presentaciones, edición de gráficos, sonido y vídeo~~, desarrollo de aplicaciones sencillas para dispositivos móviles y web, realidad virtual, aumentada y mixta~~.

– Programación de hojas de cálculo: conceptos de variable, operador, expresión, y cálculos secuenciales, repetitivos y condicionales. Presentación gráfica de resultados.

– Comunicación y colaboración en red.

– Publicación y difusión responsable en redes.

C. Seguridad y bienestar digital.

– Conceptos básicos de seguridad informática: los tres pilares de la seguridad (confidencialidad, integridad y disponibilidad), riesgos, vulnerabilidades y amenazas, tipos de ataques, control de acceso, encriptado.

– Seguridad de dispositivos: medidas preventivas y correctivas para hacer frente a riesgos, amenazas y ataques a dispositivos.

– Seguridad y protección de datos: identidad, reputación digital, privacidad y huella digital. Medidas preventivas en la configuración de redes sociales y la gestión de identidades virtuales.

– Seguridad en la salud física y mental. Riesgos y amenazas al bienestar personal. Opciones de respuesta y prácticas de uso saludable. Situaciones de violencia y de riesgo en la red (ciberacoso, sextorsión, acceso a contenidos inadecuados, dependencia tecnológica, etc.).

D. Ciudadanía digital crítica.

– Impacto de la informática en la sociedad y en las relaciones personales y sociales.

– Interactividad en la red: libertad de expresión, etiqueta digital, propiedad intelectual y licencias de uso.

– Educación mediática: periodismo digital, blogosfera, estrategias comunicativas y uso crítico de la red. Herramientas para detectar noticias falsas y fraudes.

– Gestiones administrativas: servicios públicos en línea, registros digitales y certificados oficiales.

– Comercio electrónico: facturas digitales, formas de pago y criptomonedas.

– Ética en el uso de datos y herramientas digitales: inteligencia artificial, sesgos algorítmicos e ideológicos, obsolescencia programada, soberanía tecnológica y digitalización sostenible.

– Activismo en línea: plataformas de iniciativa ciudadana, cibervoluntariado y comunidades de *hardware* y *software* libres.” (BOE, 2022c, pág. 41.620)

6. BACHILLERATO

En la primera sección de este capítulo se resume el tratamiento que recibe la informática en el Real Decreto que regula las enseñanzas mínimas de Bachillerato y se resume la propuesta de modificación del Real Decreto. La segunda sección presenta la propuesta en todo detalle.

6.1. Análisis de la situación actual y resumen de propuesta

Situación actual. En el Real Decreto que regula el Bachillerato, de nuevo se menciona principalmente el "pensamiento computacional", con algunas referencias a informática, programación o algoritmos. Estas menciones aparecen en seis materias:

- **Materias de Biología, Geología y Ciencias Ambientales, y Geología y Ciencias Ambientales.** Ambas materias son específicas de la modalidad de Ciencias y Tecnología, siendo la primera de primer curso y la segunda, de segundo curso. Ambas materias tienen seis competencias específicas. El criterio de evaluación 4.1 de la primera materia y la competencia específica 4 de la segunda mencionan el "pensamiento computacional", pero no vuelve a ser citado en los criterios de evaluación ni en los saberes básicos.

  En la materia de Biología, Geología y Ciencias Ambientales, la competencia específica 4 se desarrolla en el bloque de saberes básicos denominado "A. Proyecto científico", mientras que en la materia de Geología y Ciencias Ambientales se desarrolla en el bloque "A. Experimentación en Geología y Ciencias Ambientales".
- **Materias de Matemáticas, Matemáticas para las Ciencias Sociales, y Matemáticas Generales.** Las referencias al "pensamiento computacional" son similares a las encontradas en los Reales Decretos que regulan la Educación Primaria y la Educación Secundaria Obligatoria, como sustituto de la informática y la programación. El decreto identifica saberes básicos de seis tipos o sentidos, entre los cuales el "pensamiento computacional" se incluye (de nuevo, por conveniencia organizativa) en el sentido algebraico, junto al modelado matemático.

  Es interesante destacar que las materias Matemáticas para las Ciencias Sociales y Matemáticas Generales incluyen algunos saberes básicos de matemáticas discretas, esenciales para algoritmia y programación informática. Ambas materias incluyen el recuento y la combinatoria (A. Sentido numérico > 1. Conteo) y la segunda, teoría de grafos y algoritmos sobre grafos (C. Sentido espacial > 1. Visualización, razonamiento y modelización geométrica).
- **Materia de Tecnología e Ingeniería.** Es una materia específica de la modalidad de Ciencias y Tecnología, que se ofrece en los dos cursos. El decreto identifica siete bloques de saberes básicos, de los cuales el bloque E corresponde a "Sistemas informáticos", aunque variando ligeramente su denominación entre "Tecnología e Ingeniería I" ("Sistemas informáticos. Programación") y "Tecnología e Ingeniería II" ("Sistemas informáticos emergentes"). Los primeros se centran en la programación y su aplicación a sistemas automáticos y la segunda menciona tecnologías informáticas avanzadas, de interés instrumental para los sistemas automáticos.

  La competencia especifica 5 agrupa los sistemas informáticos y los sistemas automáticos. Sin embargo, puede comprobarse que la enseñanza de la programación y los

sistemas informáticos es superficial y subordinado al aprendizaje de los sistemas automáticos.

Obsérvese también que las materias de ingeniería tradicional presentes en "Tecnología y Digitalización" y "Tecnología" de la Educación Secundaria Obligatoria, tienen una continuación en Bachillerato en la materia "Tecnología e Ingeniería". Sin embargo, la ingeniería informática, a pesar de su omnipresencia actual en la sociedad y la economía, solamente tiene una presencia marginal y subordinada en esta materia.

Propuesta de modificación. Las propuestas de modificación de las seis áreas mencionadas son:

- **Materias de Biología, Geología y Ciencias Ambientales, y Geología y Ciencias Ambientales.** Al igual que sucedía en Educación Secundaria Obligatoria para la materia de Biología y Geología, consideramos que lo coherente es sustituir el término "pensamiento computacional" por "pensamiento científico" en ambas materias.
- **Materias de Matemáticas, Matemáticas para las Ciencias Sociales, y Matemáticas Generales.** La competencia específica 4 es igual en las tres materias, ya que avanzará la resolución de problemas mediante algoritmos ya iniciada en la Educación Secundaria Obligatoria.

  La planificación de los criterios de evaluación y los saberes básicos para Matemáticas I y II (y las correspondientes Matemáticas para las Ciencias Sociales I y II) es ligeramente distinta de las Matemáticas Generales, dado que estas últimas solamente tienen un curso obligatorio en primero de Bachillerato. Estas diferencias se reflejarían en la selección de los problemas computacionales a resolver algorítmicamente. En Matemáticas I y II puede estudiarse la teoría de grafos y la resolución algorítmica de problemas sobre grafos y sobre matrices, mientras que en Matemáticas Generales se plantearía la resolución algorítmica de problemas combinatorios y de grafos.
- **Materia de Tecnología e Ingeniería.** Se propone desligar los sistemas informáticos y los sistemas automáticos en párrafos distintos de la competencia específica 5, dado que posteriormente se desglosan en bloques distintos de saberes básicos. Los saberes informáticos se centrarían en áreas clave para una introducción a la informática, como son la programación textual, la arquitectura de computadores y los sistemas operativos. También se quitaría la referencia a tecnologías informáticas emergentes, de valor meramente informativo, para centrar los sistemas informáticos en sus principios básicos, con un valor educativo para el alumnado. En todo caso, el tratamiento de la informática en esta materia sigue siendo limitado y subordinado al aprendizaje de los sistemas automáticos.

En cuarto curso de la Educación Secundaria Obligatoria existen dos materias optativas, "Tecnología" y "Digitalización" cuyos saberes están asociados respectivamente a las ingenierías tradicionales y a la ingeniería informática (aunque esta última, como hemos comentado, de forma muy limitada ya que se centra en la competencia digital, no en la propia informática). La materia "Tecnología e Ingeniería" de Bachillerato es una continuación de la "Tecnología" de Educación Secundaria Obligatoria, pero no existe ninguna materia que continúe los estudios de informática. Por esta razón, proponemos una nueva materia específica de la modalidad de Ciencias y Tecnología, llamada "Informática". De esta forma, los alumnos interesados podrán adquirir una formación mínima en una materia cada vez más importante en un mundo progresivamente más digitalizado.

- **Materia de Informática.** Se proponen seis bloques de saberes básicos: programación, algoritmia, computadores, datos y conocimiento, redes y seguridad, e informática y sociedad. La programación es el área central y más conocida de la informática. Los computadores son las máquinas de propósito general que hacen posible la existencia de la informática. La algoritmia permite diseñar procedimentales precisos y automatizables, mientras que el bloque de datos y conocimiento se centra en la identificación de información relevante y la generación automática de conocimiento. Redes y seguridad también son áreas fundamentales, pero su tratamiento es reducido debido a que el currículo ya las tiene en cuenta desde el punto de vista de la competencia digital, especialmente en la materia "Digitalización" de Educación Secundaria Obligatoria. Finalmente, el conocimiento los aspectos sociales de la informática son esenciales para un ciudadano informado y comprometido.

6.2. Propuesta detallada

Veamos las propuestas de modificación de las seis materias ya existentes y la redacción completa de la materia de Informática.

6.2.1. Materia de Biología, Geología y Ciencias Ambientales

La competencia 4.1 quedaría redactada de la siguiente manera:

> "Competencia específica 4.
>
> 4.1 Resolver problemas o dar explicación a procesos biológicos, geológicos o ambientales, utilizando recursos variados como conocimientos propios, datos e información recabados, razonamiento lógico, pensamiento científico o herramientas digitales." (BOE, 2022d, pág. 46.100)

6.2.2. Materia de Geología y Ciencias Ambientales

La competencia 4 comenzaría su redacción de la siguiente manera:

> "4. Plantear y resolver problemas, buscando y utilizando las estrategias adecuadas, analizando críticamente las soluciones y reformulando el procedimiento si fuera necesario, para explicar fenómenos relacionados con las ciencias geológicas y ambientales.
>
> El uso del razonamiento es especialmente importante en la investigación en cualquier disciplina científica para plantear y contrastar hipótesis y para afrontar imprevistos que dificulten el avance de un proyecto. Asimismo, en diversos contextos de la vida cotidiana, es necesario utilizar el razonamiento lógico y otras estrategias como el pensamiento científico para abordar dificultades y resolver problemas de diferente naturaleza. Además, con frecuencia las personas se enfrentan a situaciones complejas que exigen la búsqueda de métodos alternativos para abordarlas." (BOE, 2022d, pág. 46.209)

6.2.3. Materias de Matemáticas, Matemáticas para las Ciencias Sociales, y Matemáticas Generales

En las dos primeras materias, Matemáticas y Matemáticas para las Ciencias Sociales, los tres párrafos introductorios que mencionan al "pensamiento computacional" son iguales, salvo en la mención a las propias materias. Por tanto, se modificarían estos tres párrafos para mencionar explícitamente la informática. La redacción para la materia de Matemáticas quedaría:

> "Las matemáticas constituyen uno de los mayores logros culturales e intelectuales de la humanidad. A lo largo de la historia, las diferentes culturas se han esforzado en describir la naturaleza utilizando las matemáticas y en transmitir todo el conocimiento adquirido a las generaciones futuras. Hoy en día, ese patrimonio intelectual adquiere un valor fundamental ya que los grandes retos globales, como el respeto al medio ambiente, la eficiencia energética o la industrialización inclusiva y sostenible, a los que la sociedad tendrá que hacer frente, requieren de un alumnado capaz de adaptarse a las condiciones cambiantes, de aprender de forma autónoma, de modelizar situaciones, de explorar nuevas vías de investigación y de usar la tecnología de forma efectiva. Por tanto, resulta imprescindible para la ciudadanía del s. XXI la utilización de conocimientos y destrezas matemáticas como el razonamiento, la modelización, el pensamiento informático o la resolución de problemas.
>
> El desarrollo curricular de Matemáticas I y II se orienta a la consecución de los objetivos generales de la etapa, prestando una especial atención al desarrollo y la adquisición de las competencias clave conceptualizadas en los descriptores operativos de Bachillerato que el alumnado debe conseguir al finalizar la etapa. Así, la interpretación de los problemas y la comunicación de los procedimientos y resultados están relacionadas con la competencia en comunicación lingüística y con la competencia plurilingüe. El sentido de la iniciativa, el emprendimiento al establecer un plan de trabajo en revisión y modificación continua enlazan con la competencia emprendedora. La toma de decisiones o la adaptación ante situaciones de incertidumbre son componentes propios de la competencia personal, social y de aprender a aprender. El uso de herramientas digitales en el tratamiento de la información y en la resolución de problemas entronca directamente con la competencia digital en cuyo desarrollo las matemáticas han jugado un papel fundamental. El razonamiento y la argumentación, la modelización y el pensamiento informático son elementos característicos de la competencia STEM. Las conexiones establecidas entre las matemáticas y otras áreas de conocimiento, y la resolución de problemas en contextos sociales, están relacionados con la competencia ciudadana. Por otro lado, el mismo conocimiento matemático como expresión universal de la cultura contribuye a la competencia en conciencia y expresión culturales." (BOE, 2022d, pág. 46.333)
>
> "El sentido numérico se caracteriza por la aplicación del conocimiento sobre numeración y cálculo en distintos contextos, y por el desarrollo de destrezas y modos de hacer y de pensar basados en la comprensión, la representación y el uso flexible de los números, de objetos matemáticos formados por números y de las operaciones. El sentido de la medida se centra en la comprensión y comparación de atributos de los objetos del mundo que nos rodea, así como de la medida de la incertidumbre. El sentido espacial comprende los aspectos geométricos de nuestro entorno; identificar relaciones entre ellos, ubicarlos, clasificarlos o razonar con ellos son elementos fundamentales del aprendizaje de la geometría. El sentido algebraico proporciona el lenguaje en el que se comunican las matemáticas. Por ejemplo, son características de este sentido ver lo general en lo particular, reconocer relaciones de

dependencia entre variables y expresarlas mediante diferentes representaciones, así como modelizar situaciones matemáticas o del mundo real con expresiones simbólicas. El pensamiento informático y la modelización se han incorporado en este bloque, pero no deben interpretarse como exclusivos del mismo, sino que deben desarrollarse también en el resto de los bloques de saberes. El sentido estocástico comprende el análisis y la interpretación de datos, la elaboración de conjeturas y la toma de decisiones a partir de la información estadística, su valoración crítica y la comprensión y comunicación de fenómenos aleatorios en una amplia variedad de situaciones. Por último, el sentido socioafectivo implica la adquisición y aplicación de conocimientos, destrezas y actitudes necesarias para entender y manejar las emociones que aparecen en el proceso de aprendizaje de las matemáticas, además de adquirir estrategias para el trabajo matemático en equipo. Este sentido no debe trabajarse de forma aislada, sino a lo largo del desarrollo de la materia." (BOE, 2022d, págs. 46.334-5)

En la introducción a la materia de Matemáticas Generales, se cita el "pensamiento computacional" dos veces (BOE, 2022d, págs. 46.359-60). Su tratamiento sería similar, sustituyendo "pensamiento computacional" por "pensamiento informático".

Presentamos a continuación una redacción de la competencia específica 4 para la materia de Matemáticas. La redacción para la materia de Matemáticas para las Ciencias Sociales (BOE, 2022d, pág. 46.349) sería igual, salvo que haría referencia a situaciones del ámbito de las ciencias sociales en lugar de la ciencia y la tecnología. Asimismo, la redacción para la materia de Matemáticas Generales (BOE, 2022d, pág. 46.361) también sería igual, salvo que haría referencia a situaciones de diversos ámbitos.

Competencias específicas

(…)

"4. Utilizar el pensamiento informático de forma eficaz, resolviendo problemas genéricos mediante el diseño de algoritmos y el uso de las matemáticas, para modelizar y resolver situaciones de la vida cotidiana y del ámbito de la ciencia y la tecnología.

El pensamiento informático entronca directamente con la resolución de problemas y el diseño de algoritmos. Un algoritmo proporciona una solución genérica y precisa a un problema planteado de forma genérica. Con el objetivo de llegar a una solución algorítmica, será necesario utilizar la abstracción para identificar los aspectos más relevantes del problema, conocer el dominio del problema y utilizar los elementos básicos de control de los lenguajes de programación (secuencia, alternativa y repetición). La posterior codificación de un algoritmo en un lenguaje de programación permite resolver automática, eficaz y eficientemente problemas de la vida diaria y del ámbito de la ciencia y la tecnología.

El desarrollo de esta competencia conlleva la creación de modelos abstractos de situaciones cotidianas y del ámbito de la ciencia y la tecnología, su resolución algorítmica y su posible automatización mediante su codificación en un lenguaje de programación" (BOE, 2022d, pág. 46.336)

Matemáticas I.

Criterios de evaluación

(…)

"Competencia específica 4.

4.1 Generalizar, modelizar y resolver situaciones problematizadas de la vida cotidiana y de la ciencia y la tecnología mediante grafos." (BOE, 2022d, pág. 46.339)

(…)

Saberes básicos.

(…)

"5. Pensamiento informático.

− Grafos: representación de situaciones de la vida cotidiana mediante diferentes tipos de grafos (dirigidos, planos, ponderados, árboles, etc.). Fórmula de Euler.

− Grafos eulerianos y hamiltonianos: resolución de problemas de caminos y circuitos. Coloración de grafos.

− Resolución de problemas de caminos y circuitos en grafos." (BOE, 2022d, pág. 46.341)

(…)

Matemáticas II.

Criterios de evaluación

(…)

"Competencia específica 4.

4.1 Generalizar, modelizar y resolver situaciones problematizadas de la vida cotidiana y de la ciencia y la tecnología como problemas matriciales o sobre grafos, utilizando el pensamiento algorítmico." (BOE, 2022d, págs. 46.343)

(…)

Saberes básicos.

(…)

"5. Pensamiento informático.

− Estrategias y técnicas de recuento sistemático (diagramas de árbol, técnicas de combinatoria).

− Formulación algorítmica de las operaciones con matrices, los determinantes y la resolución de sistemas de ecuaciones lineales. El método de Gauss como algoritmo.

− Análisis, formulación y resolución de problemas de la vida cotidiana y de la ciencia y la tecnología mediante matrices y combinatoria." (BOE, 2022d, pág. 46.345)

Matemáticas Generales. Dado que los saberes básicos incluyen Conteo y Grafos, se complementan con algunos saberes básicos de conteo de Matemáticas para las Ciencias Sociales I y se resuelven algorítmicamente problemas sencillos de combinatoria y de grafos.

Criterios de evaluación

(…)

"Competencia específica 4.

4.1 Generalizar, modelizar y resolver situaciones problematizadas de ámbitos diversos como problemas combinatorios o de grafos, utilizando el pensamiento algorítmico." (BOE, 2022d, págs. 46.364)

(…)

Saberes básicos.

(…)

"5. Pensamiento informático.

− Estrategias y técnicas de recuento sistemático (diagramas de árbol, técnicas de combinatoria).

− Formulación algorítmica de la resolución de problemas combinatorios y de caminos sobre grafos." (BOE, 2022d, pág. 46.366)

6.2.4. Materia de Tecnología e Ingeniería

La introducción de la materia "Tecnología e Ingeniería" presenta cada bloque de los saberes básicos. El correspondiente a los sistemas informáticos quedaría redactado de la siguiente forma:

> "El bloque «Sistemas informáticos» presenta saberes básicos de la informática, como la programación textual, la arquitectura y funcionamiento de los ordenadores y las funciones del sistema operativo" (BOE, 2022d, pág. 46.394)

Por coherencia, este bloque se llamará ·Sistemas informáticos" en los dos cursos, sin más calificativos.

La competencia especifica 5 quedaría redactada de la siguiente forma:

> "5. Diseñar, crear y evaluar sistemas tecnológicos, aplicando conocimientos de programación informática, regulación automática y control, así como las posibilidades que ofrecen las tecnologías emergentes, para proporcionar servicios o controlar y automatizar tareas.
>
> Esta competencia específica hace referencia a la habilitación de productos o soluciones digitales en la ejecución de ciertas acciones de forma automática. Por un lado, consiste en crear aplicaciones informáticas que automaticen o simplifiquen tareas a los usuarios y, por otro, se trata de incorporar elementos de regulación automática o de control programado en los diseños, permitiendo actuaciones sencillas en máquinas o sistemas tecnológicos.
>
> En los sistemas informáticos, se presentan los conceptos, instrumentos y habilidades que permiten desarrollar aplicaciones informáticas sencillas. Dos aspectos de la programación son clave: la comprensión del comportamiento dinámico de los lenguajes de programación, y la familiaridad con instrumentos y actividades necesarios para el desarrollo de un programa correcto. Asimismo, el conocimiento de la arquitectura y funcionamiento de los ordenadores

y las funciones del sistema operativo complementan y proporcionan una comprensión más completa del comportamiento dinámico de los programas.

En los sistemas automáticos, se incluyen, por ejemplo, el control en desplazamientos o movimientos de los elementos de un robot, el accionamiento regulado de actuadores, como pueden ser lámparas o motores, la estabilidad de los valores de magnitudes concretas, etc. De esta manera, se posibilita que el alumnado automatice tareas en máquinas y en robots mediante la implementación de pequeños programas informáticos ejecutables en tarjetas de control.

En esta línea de actuación cabe destacar el papel de los sistemas emergentes aplicados ~~(inteligencia artificial, internet de las cosas, *big data*, etc.).~~" (BOE, 2022d, pág. 46.394)

Tecnología e Ingeniería I. La competencia específica 5 se modificaría ligeramente, suprimiendo las referencias a las tecnologías emergentes que eliminamos de los sistemas informáticos, y aclarando las tareas propias del desarrollo de programas, por similitud con lo presentado para sistemas automáticos y robóticos.

Criterios de evaluación

(…)

"Competencia específica 5.

5.1. Controlar el funcionamiento de sistemas tecnológicos y robóticos, utilizando lenguajes de programación informática y aplicando las posibilidades que ofrecen las tecnologías emergentes~~, tales como inteligencia artificial, internet de las cosas, *big data*~~.

5.2. Automatizar, programar y evaluar movimientos de robots, mediante la modelización, la aplicación de algoritmos sencillos y el uso de herramientas informáticas.

5.3. Conocer y comprender conceptos básicos de programación textual, mostrando el progreso paso a paso de la ejecución de un programa a partir de un estado inicial y prediciendo su estado final tras la ejecución, y las distintas actividades necesarias para el desarrollo de programas." (BOE, 2022d, pág. 46.397)

(…)

Saberes básicos.

(…)

"E. Sistemas informáticos. ~~Programación.~~

- Fundamentos de la programación textual. Lenguajes de programación: léxico, sintaxis y semántica estática y dinámica.
- Elementos de programación: variables y operación de asignación, tipos de datos, expresiones, instrucciones.
- Lógica booleana. Tablas de verdad. Instrucciones de control condicional: instrucciones alternativas, instrucciones repetitivas.

– Proceso de desarrollo: diseño, edición, compilación o interpretación, ejecución, pruebas y depuración. Creación de programas para la resolución de problemas. Modularización y desarrollo incremental.

~~– Protocolos de comunicación de redes de dispositivos.~~

– ~~Tecnologías informáticas emergentes: internet de las cosas. Aplicación a proyectos.~~" (BOE, 2022d, pág. 46.398)

Tecnología e Ingeniería II. De forma análoga a lo presentado para "Tecnología e Ingeniería I, la competencia específica 5 se modificaría, suprimiendo las referencias a "sistemas informáticos emergentes" e introduciendo la estructura y funcionamiento de un ordenador y el papel del sistema operativo, como saberes básicos necesarios para una comprensión del funcionamiento de los ordenadores.

Criterios de evaluación

(…)

"Competencia específica 5.

5.1. Comprender y simular el funcionamiento de los procesos tecnológicos basados en sistemas automáticos de lazo abierto y cerrado, aplicando técnicas de simplificación y analizando su estabilidad.

5.2. Conocer y comprender la arquitectura y funcionamiento de los ordenadores, en su calidad de dispositivo digital de propósito general que permite la resolución automatizada de problemas mediante programas, así como las funciones que desempeña el sistema operativo.

~~5.2 Conocer y evaluar sistemas informáticos emergentes y sus implicaciones en la seguridad de los datos, analizando modelos existentes.~~" (BOE, 2022d, pág. 46.397)

(…)

Saberes básicos.

(…)

"E. Sistemas informáticos ~~emergentes~~.

– Modelo simplificado de ordenador de von Neumann.

– Representación de datos en un ordenador. Sistemas binario y hexadecimal. Operaciones con números binarios. Conversión de números entre sistemas de numeración. Representación de caracteres: ASCII.

– Representación en memoria de las instrucciones. Ciclo de búsqueda y ejecución de instrucciones. El camino de datos. Simulación de un lenguaje de máquina simplificado.

– El sistema operativo como intermediario entre el ordenador, los programas y los dispositivos periféricos y el mundo exterior. Funciones principales.

– ~~Inteligencia artificial, *big data,* bases de datos distribuidas y ciberseguridad.~~" (BOE, 2022d, pág. 46.400)

6.2.5. Materia de Informática

La materia de Informática podría redactarse de la siguiente forma:

Informática

La materia de Informática ofrece las bases para que el alumnado adquiera conocimientos y habilidades básicos de informática. Hay que destacar la diferencia entre informática y competencia digital. Aunque no siempre es posible trazar una frontera exacta, en general es fácil determinar si un conocimiento o habilidad es propio de la informática o de la competencia digital. La informática es una disciplina independiente, con saberes y métodos propios y que participa de las tradiciones matemática, científica e ingenieril. El aprendizaje de la informática permite comprender y desarrollar sistemas informáticos. En cambio, la competencia digital simplemente permite un uso eficaz y ético de los dispositivos y programas informáticos, sin necesidad de su comprensión.

Los beneficios que una educación en informática proporcionará a los estudiantes son variados. Quizá el beneficio principal es una comprensión más completa del mundo que les rodea, base para el pensamiento crítico. Como resultado de la educación en otras materias, los alumnos conocen los mundos físico, biológico y social. La informática les permitirá conocer el cada vez más omnipresente mundo virtual. Sin este conocimiento, los resultados espectaculares de muchos productos informáticos parecen "magia", pero un ciudadano alfabetizado debe tener una comprensión mínima de los mecanismos que los hacen posible.

Por otro lado, los estudiantes deben prepararse para trabajos crecientemente digitalizados en todos los ámbitos profesionales (no necesariamente de ingeniería informática). Estudiar informática en Bachillerato implica que los alumnos aprendan sus fundamentos para que puedan aplicarla a los estudios y la profesión que elijan en el futuro en el ámbito tecnológico y de la ingeniería, y que no vean hasta lo más básico de la informática como algo ajeno, comprensible exclusivamente por quien elija estudios superiores en la rama de la informática.

Un conocimiento de la informática también permite su sinergia con otras ciencias. Quizá la sinergia más conocida sea en la intersección con todas las ingenierías y las ciencias. La sinergia de la informática con otra disciplina desarrolla su potencial cuando su aprendizaje no es puramente instrumental y superficial sino que se basa en un conocimiento de los fundamentos de ambas disciplinas. Además, una comprensión de la informática es cada vez más importante para nuestra participación en la sociedad, sea para ser conscientes de los impactos de los nuevos desarrollos informáticos, para poder participar como ciudadanos responsables e informados de una sociedad democrática.

La programación de ordenadores ocupa un papel central en la informática, ya que el aprendizaje de las bases de la programación permite que los alumnos pasen de estar simplemente familiarizados con el uso diario de los dispositivos electrónicos y las tecnologías de la comunicación, a comprender su funcionamiento y poder adoptar un papel activo en la creación de programas. Sin embargo, la programación no es la única área informática esencial. También es importante tener otros conocimientos básicos, como el funcionamiento de los ordenadores y otros dispositivos digitales, cómo se adquiere, representa y manipula información y datos de naturaleza diversa, o cómo se resuelven problemas de forma algorítmica.

La materia Informática proporciona una primera aproximación a la disciplina. La materia Informática se imparte en los dos cursos de Bachillerato, de manera que su aprendizaje aprovecha los conocimientos de programación (sobre todo, basada en bloques) y de competencia digital de asignaturas anteriores. Por otro lado, el alumnado de Bachillerato es más maduro, teniendo mayor capacidad de abstracción, presente en el mundo virtual.

Los saberes básicos de la materia se organizan en cinco bloques: programación, algoritmos, computadores, información y conocimiento, e informática y sociedad. Se han seleccionado estos bloques en función de su carácter fundamental, de su relevancia y su complejidad. También se ha tenido en cuenta que el alumnado ha recibido una introducción a algunas áreas informáticas en otras materias y durante su desarrollo en algunas áreas de competencia digital, como las redes o la seguridad informática.

El bloque de programación aborda la resolución de problemas mediante la realización de programas informáticos en dos lenguajes de programación. El aprendizaje de lenguajes más avanzados de programación basada en bloques permite el desarrollo de programas para dispositivos móviles, mientras que la programación con lenguajes textuales presenta todas las características de la programación para ordenadores convencionales. En ambos casos, se tratan elementos de control de la ejecución del programa y estructuras de datos, teniendo en cuenta las dificultades de su aprendizaje mediante una planificación cuidadosa y extensa.

El bloque de algoritmia presenta algunos elementos de matemáticas discretas y los fundamentos del diseño y análisis de algoritmos para la modelización y resolución eficiente y automatizada de problemas cotidianos.

El bloque de computadores incluye lo relativo a los componentes *hardware* y *software* de los sistemas informáticos, además de cómo la información se codifica, trata y almacena en ellos.

El bloque de datos y conocimiento contempla el modelado y consulta flexible de información cotidiana mediante bases de datos, así como los principios de representación y generación de conocimiento mediante la inteligencia artificial.

Finalmente, el bloque de informática y sociedad presenta una introducción a los profundos impactos y cambios que la informática produce en la sociedad. Algunas cuestiones tienen implicaciones éticas y legales (como el acoso en redes sociales, los delitos informáticos o los derechos de autor), mientras que otras son de tipo social (impacto en el trabajo o el impacto de la desinformación digital sobre las sociedades democráticas).

La materia combina saberes teóricos y conceptuales con saberes procedimentales, que requieren tratamientos didácticos específicos orientados a un aprendizaje progresivo y profundo, alejado de la simple memorización. La resolución de problemas cerrados juega un papel fundamental para su aprendizaje activo en todos los bloques. Sin embargo, el bloque de programación permite un aprendizaje que, partiendo de la resolución de problemas cerrados, termine con el desarrollo de proyectos abiertos. La evaluación de la materia no debe basarse solamente en productos finales (programas, bases de datos, etc.), sino también en los diseños previos a su implementación y en el análisis de los productos según criterios claramente establecidos (como corrección, buen estilo o eficiencia).

El conjunto debe favorecer la minuciosidad, reflexión, toma de decisiones, creatividad, emprendimiento y autonomía. A su vez, se debe facilitar el trabajo en equipo de tal forma que se favorezca el intercambio de ideas y conocimientos que enriquezcan el aprendizaje. La

aplicación de distintas técnicas de trabajo, complementándose entre sí, y la diversidad de actividades que pueden plantearse en el desarrollo de esta materia, deben promover la participación de estudiantes con una visión integral de la disciplina, resaltando su esfera social ante los desafíos y retos tecnológicos que plantea nuestra sociedad para reducir la brecha digital y de género, prestando especial atención a la desaparición de estereotipos que dificultan la adquisición de competencias digitales en condiciones de igualdad.

Competencias específicas

1. Diseñar, codificar y depurar programas informáticos que den solución a objetivos concretos, en entornos de programación gráfica y textual.

Esta competencia específica hace referencia a la programación de aplicaciones informáticas, especialmente para ordenadores mediante programación textual y para dispositivos móviles mediante programación basada en bloques. La programación da cabida a una amplia gama de aplicaciones, desde las que resuelven problemas cotidianos (como ordenar datos) hasta los de mero disfrute personal (como los juegos), lo cual proporciona una gran versatilidad para mantener una alta motivación en los alumnos. El desarrollo de programas también involucra principios básicos de interacción persona-ordenador, de forma que la aplicación informática sea atractiva, usable y accesible para sus usuarios.

Esta competencia exige el aprendizaje de ambos tipos de lenguajes de programación. El objetivo final es desarrollar la autonomía del estudiante para enfrentarse al desarrollo de pequeños programas que aborden objetivos progresivamente más complejos. El aprendizaje de la programación presenta diversos retos, como su alto grado de abstracción en términos de información en lugar de objetos físicos, la complejidad de su notación (léxico, sintaxis y semántica estática), el conocimiento del comportamiento de los lenguajes de programación (semántica dinámica), o la variedad de tareas involucradas en el proceso de programación (diseño, codificación y edición, compilación, pruebas, depuración, documentación). Su aprendizaje debe ser gradual y basado en diversos recursos didácticos (ejercicios sencillos de comprensión o aplicación, modificación de programas simples, uso de patrones de programación, programación en pareja, etc.).

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores: STEM1, STEM2, STEM3, STEM4, CD5, CPSAA3.2, CPSAA5, CE3.

2. Diseñar y analizar algoritmos para resolver problemas de manejo de información, aplicando el razonamiento lógico y construcciones de control de programas.

Esta competencia hace referencia a la resolución de problemas de manejo de información, planteados de forma genérica, y su posterior análisis. Ligado a los algoritmos, se encuentra el modelado de información mediante estructuras de datos.

La competencia engloba el estudio de algoritmos clásicos y de aplicación en situaciones concretas (como son algunos algoritmos numéricos, de búsqueda o de ordenación en estructuras lineales). También se estudiarán algunas estructuras de datos básicas (como los grafos) para agrupar información de forma lógica, eficaz y eficiente. El desarrollo de algoritmos nuevos es una tarea de carácter abstracto que puede abordarse mediante problemas sencillos y motivadores (como pasatiempos matemáticos). Su desarrollo parte del análisis del problema, el diseño de un algoritmo que lo resuelva, su posible implementación mediante un lenguaje de programación y su análisis de corrección y eficiencia.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores: STEM1, STEM2, STEM3, STEM4, CPSAA1.1, CE3.

3. Conocer los componentes de los ordenadores y dispositivos digitales, tanto *hardware* como *software*, y los principios de su funcionamiento, así como la manera en la que la información se trata y almacena en ellos.

Esta competencia hace referencia al conocimiento de las funciones y características de los componentes *hardware* de un ordenador o dispositivo digital, así como una comprensión de su funcionamiento, desde los circuitos digitales a la arquitectura del ordenador.

Esta competencia incluye conocer la representación binaria de cualquier tipo de información con distintos fines, como su almacenamiento y procesamiento en circuitos digitales o su transmisión segura por medio de redes.

Asimismo, se presentan las funciones del *software* de base de los ordenadores, como los sistemas operativos y las redes.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores: STEM2, STEM4, CD1, CD4, CE3.

4. Comprender la importancia del modelado y gestión de datos, información y conocimiento para el desarrollo de aplicaciones informáticas.

Con frecuencia, se resaltan los aspectos algorítmicos de los datos en las aplicaciones informáticas. Sin embargo, también tienen gran importancia los datos, la información y el conocimiento, objeto de esta competencia.

Esta competencia trata el modelado de datos e información de diversos tipos por medio de ficheros y sobre todo bases de datos. La abstracción juega un papel fundamental para analizar situaciones de la vida cotidiana, identificando los datos e información relevantes y representándolos de forma adecuada para su tratamiento en bases de datos. El diseño, creación y modificación de bases de datos sencillas debe realizarse de forma guiada.

La competencia también supone una primera aproximación a la generación de conocimiento, un proceso más complejo técnicamente que corresponde al campo de la inteligencia artificial. Se presentan sus objetivos, ejemplos de aplicaciones relevantes y una introducción de los enfoques clásico y actual al desarrollo de sistemas inteligentes.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores: STEM1, STEM2, STEM3, STEM4, CD1, CE3.

5. Comprender cómo se comunican entre sí los equipos informáticos mediante redes que permiten compartir información, servicios y recursos, siendo conscientes de las amenazas que esto conlleva y de la importancia de la ciberseguridad.

Esta competencia hace referencia a la conexión de ordenadores y dispositivos digitales mediante redes para intercambiar información, compartir recursos y obtener servicios de manera segura. En el mundo actual, repleto de redes y de tecnologías relacionadas con ellas, se hace necesario un conocimiento básico de cómo funciona una red y de los riesgos que esto supone debido a las vulnerabilidades que presentan.

Dado que estas áreas se han estudiado en el currículo escolar desde el punto de vista de la competencia digital, se presentan los principios básicos de cada área para su comprensión y se presentan algunos saberes motivadores y susceptibles de un aprendizaje activo, basados en códigos. En este sentido, se incluyen los códigos detectores de errores, minimizadores de la longitud de los mensajes transmitidos y métodos de encriptado.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores: STEM1, STEM2, CD4, CPSAA4, CC3, CE3.

6. Comprender que la informática es una disciplina que se ha desarrollado dentro de nuestra sociedad, pudiendo estudiarse desde puntos de vista sociales, como su historia, su impacto sobre la sociedad. las personas y el medio ambiente, o sus implicaciones éticas y legales.

La informática no sólo tiene vertientes matemática, científica e ingenieril, sino que cada vez tiene más importancia su vertiente social, que es objeto de esta competencia.

Por un lado, como cualquier actividad humana, tiene una historia, de la que no deben olvidarse el papel desempeñado tanto por hombres como por mujeres. Asimismo, se analizarán su impacto sobre la sociedad, las personas y el medio ambiente, así como cuestiones éticas y legales que plantea su desarrollo y uso. Aunque se recomienda analizar una variedad de tecnologías informáticas, hoy en día ha cobrado una especial relevancia la inteligencia artificial, especialmente la inteligencia artificial generativa.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores: CCL1, CCL2, CCL3, CCL5, CPSAA4, CC1, CC3, CC4.

Informática I.

Criterios de evaluación.

Competencia específica 1.

1.1. Conocer las reglas del léxico, la sintaxis y las restricciones semánticas de un lenguaje de programación textual y escribir programas que respeten estas reglas.

1.2. Construir programas textuales sencillos que realicen operaciones sobre variables de diversos tipos de datos mediante instrucciones de control (secuencia, selección y repetición) y de entrada y salida.

1.3. Predecir el efecto de trozos de programa textuales sobre el valor de variables o imprimiendo mensajes de salida.

1.4. Corregir programas textuales mal construidos a partir de los errores de compilación o de programas incorrectos mediante pruebas realizadas con juegos de datos.

1.5. Documentar programas desarrollados de forma que puedan entenderlos otras personas.

Competencia específica 2.

2.1 Comprender el tipo de problemas que pueden resolverse mediante algoritmos y cómo se formulan.

2.2. Comprender la diferencia entre problema, algoritmo y programa, así como entre un algoritmo y un método.

2.3 Diseñar y formular algoritmos que resuelvan problemas sencillos mediante secuencias, decisiones e iteraciones.

2.4 Entender el funcionamiento de algoritmos sencillos: numéricos, búsqueda y ordenación de arrays.

Competencia específica 3.

3.1. Describir la función de los principales componentes de un ordenador.

3.2. Conocer el sistema de numeración binario y realizar operaciones aritméticas sencillas con números binarios (suma binaria, conversión entre los sistemas de numeración binario y decimal).

3.3. Entender cómo puede codificarse cualquier tipo de información en binario, incluyendo números, texto, sonidos e imágenes.

3.4. Entender la lógica booleana. Utilizar operadores lógicos y tablas de verdad para resolver problemas sencillos.

3.4. Diseñar circuitos digitales combinacionales mediante puertas AND, OR y NOT.

Competencia específica 4.

4.1. Comprender los conceptos básicos de gestión de datos, tanto en ficheros como en bases de datos.

4.2. Crear, consultar y modificar bases de bases de datos relacionales.

Competencia específica 5.

5.1. Conocer los componentes de las redes informáticas, incluida Internet.

5.2. Comprender la arquitectura en capas de las redes informáticas y el papel que juegan los protocolos de las distintas capas en la comunicación.

5.3. Entender cómo se usan algunos códigos de mensajes para detectar errores de transmisión o para acortar la longitud de los mensajes codificados.

Competencia específica 6.

6.1. Conocer una breve historia de la informática, incluyendo hombres y mujeres destacados en dicha historia.

Saberes básicos.

A. Programación.

– Lenguajes de programación basados en bloques y textuales: características.

– Elementos de un lenguaje de programación textual: léxico, sintaxis, semánticas estática y dinámica.

– Variables, tipos de datos y operadores. Instrucciones de entrada y salida.

– Lógica proposicional (negación, conjunción y disyunción). Instrucciones de control (secuencia de instrucciones, bucles y condicionales).

– Programación modular: procedimientos y funciones.

– Cuestiones prácticas: estilo de programación, patrones de programación, documentación de programas, pruebas y depuración.

B. Algoritmos.

− Conceptos de problema computacional, algoritmo y programa. Ejemplos de algoritmos numéricos sencillos.

− Codificación de algoritmos en lenguajes de programación textuales.

− Algoritmos de búsqueda y ordenación en arrays.

− Comparación de algoritmos alternativos para el mismo problema mediante el razonamiento lógico.

C. Computadores.

– Componentes *hardware* de un ordenador: procesador, memoria, unidades de almacenamiento, periféricos.

– Sistema de numeración binario. Operaciones con números binarios: suma, conversión entre números binarios y decimales.

– Representación binaria de distintos tipos de datos (numéricos, texto, sonidos e imágenes). Código ASCII de caracteres.

– Lógica booleana: operadores y tablas de verdad. Aplicación de operadores lógicos en tablas de verdad para la resolución de problemas.

– Puertas lógicas AND, OR y NOT. Diseño y simplificación de circuitos digitales combinacionales: mapas de Karnaugh. Experimentación en simuladores.

D. Datos y conocimiento.

– Ficheros y sistemas de ficheros. Directorios. Tipos de ficheros (de texto, programas, procesamiento de textos, impresión, imágenes, vídeo, comprimidos, etc.)

– Bases de datos: definición y tipos. Creación de una base de datos.

– Conceptos de bases de datos relacionales: tablas, campos, tipos de datos, clave principal, relaciones y consultas.

– Tablas de datos: creación y operaciones.

– Relaciones: creación, modificación y eliminación. Integridad relacional.

– Consultas y sus tipos: consultas de selección y consultas de acción. Consultas básicas de selección. Funciones de agregación.

E. Redes y seguridad informática.

– Redes de computadores: componentes *hardware* y *software*, arquitectura en capas, protocolos.

– Modelo TCP/IP: arquitectura en capas, Internet y sus servicios.

– Códigos para la comunicación digital: códigos detectores de errores, codificación con longitud mínima (códigos de Huffman).

F. Informática y sociedad.

– Hitos en la historia de la informática: antecedentes de cálculo, los computadores, los lenguajes de programación de alto nivel, los ordenadores personales, la web, los dispositivos móviles y la nube, la inteligencia artificial.

– Pioneros y pioneras de la informática: Charles Babbage, Ada Lovelace, Alan Turing, John von Neumann, Grace Hopper, John Backus, Alan Kay, Tim Berners-Lee, etc.

Informática II.

Criterios de evaluación.

Competencia específica 1.

1.1. Elaborar aplicaciones para dispositivos móviles mediante programación basada en bloques.

1.2. Valorar el diseño de la interfaz de usuario para que sea eficaz, usable y accesible.

1.3. Utilizar las funciones que ofrecen los lenguajes de bloques para el uso de datos del entorno mediante sensores.

Competencia específica 2.

2.1. Comprender el diseño y ejecución de algoritmos recursivos.

2.2. Conocer y usar estructuras de datos básicas y aplicar algoritmos sencillos sobre ellas.

2.3. Analizar la eficiencia de un algoritmo, obteniendo una función definida sobre el tamaño de los datos de entrada.

2.4. Analizar y comparar la eficiencia de algoritmos alternativos que resuelven un mismo problema.

Competencia específica 3.

3.1. Describir los elementos del modelo de von Neumann de la arquitectura de un computador, su conexión y cómo contribuyen al funcionamiento del computador.

3.2. Conocer que hay lenguajes de programación con distinto nivel de abstracción y su papel en un computador.

3.3. Describir las funciones principales de los sistemas operativos.

3.4. Diseñar circuitos digitales secuenciales sencillos.

3.5. Utilizar *software* de edición de imágenes para crear y modificar gráficos vectoriales y de mapas de bits.

Competencia específica 4.

4.1. Comprender los objetivos de la inteligencia artificial y reconocer aplicaciones en áreas para las que no existen soluciones algorítmicas precisas.

4.2. Idear heurísticas para resolver de forma aproximada problemas complejos de decisión o de optimización.

4.3. Emplear simulaciones de sistemas inteligentes, experimentando con el efecto sobre la salida de variaciones de sus hechos, reglas o parámetros.

Competencia específica 5.

5.1. Conocer principios básicos de seguridad informática.

5.2. Comprender y usar métodos criptográficos sencillos y de clave.

Competencia específica 6.

6.1. Comprender y valorar el impacto de distintas tecnologías informáticas sobre la sociedad y las personas.

6.2. Comprender cuestiones éticas y legales asociadas a la informática.

6.3. Valorar las aportaciones y problemas que plantea la presencia creciente de la inteligencia artificial, especialmente la inteligencia artificial generativa.

Saberes básicos.

A. Programación.

– Programación basada en bloques de aplicaciones para dispositivos móviles.

– Programación orientada a eventos.

– Diseño de la interfaz de usuario.

– Uso de los sensores de los dispositivos móviles.

B. Algoritmos.

– Introducción a la recursividad: ejemplos visuales y matemáticos. Programación de algoritmos recursivos.

– Estructuras de datos básicas: secuencias, grafos. Algoritmos sencillos sobre grafos.

– Fundamentos de análisis de la complejidad en tiempo de los algoritmos. Función de tiempo de un algoritmo y complejidad asintótica.

− Comparación de la eficiencia de algoritmos alternativos para el mismo problema.

C. Computadores.

– Arquitectura de computadores (modelo de von Neumann): componentes, flujo de información y ciclo de funcionamiento. Experimentación en simuladores.

– Lenguajes de programación de alto y de bajo nivel. Código máquina y compiladores.

– El sistema operativo: funciones principales.

− Diseño de circuitos digitales secuenciales: máquinas de estados finitos. Experimentación en simuladores.

– La imagen digital: el píxel. Propiedades de la imagen: resolución, dimensión, profundidad y modo de color. Formatos de imagen.

D. Datos y conocimiento.

– Objetivos de la inteligencia artificial y áreas de aplicación. Diferencia entre los problemas computacionales resolubles algorítmicamente y los problemas abordados por la inteligencia artificial.

– Introducción a la inteligencia artificial clásica: heurísticas, representación del conocimiento como hechos, reglas e inferencias lógicas.

– Introducción a la inteligencia artificial actual: aprendizaje profundo, elementos básicos: neuronas, capas y pesos, neuronas de unidad de umbral lineal. Inteligencia artificial generativa.

E. Redes y seguridad informática.

– Conceptos básicos de seguridad informática: los tres pilares de la seguridad (confidencialidad, integridad y disponibilidad), riesgos, vulnerabilidades y amenazas, tipos de ataques, control de acceso, encriptado.

–Métodos criptográficos sencillos: transposición, sustitución, método César.

–Métodos criptográficos de clave simétrica y de clave asimétrica.

F. Informática y sociedad.

– Impacto sobre el trabajo, el ocio y las relaciones personales de tecnologías informáticas destacadas: web y otros servicios de Internet, videojuegos, redes sociales, teléfonos móviles.

– Cuestiones éticas ligadas a las tecnologías informáticas: comportamiento ético, responsabilidad por su impacto.

– Regulación legal de las tecnologías informáticas: propiedad intelectual, privacidad.

– Impacto medioambiental de la informática: consumo eléctrico, basura electrónica.

– La inteligencia artificial: oportunidades, amenazas y sesgos. Campos de aplicación de la inteligencia artificial con riesgos: reconocimiento facial, contratación laboral, concesión de préstamos.

– La inteligencia artificial generativa. Oportunidades y amenazas para la creación: *deep fakes* o "ultrafalsificaciones", propiedad intelectual, etc.

.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos los comentarios recibidos sobre una versión previa del informe a: Juan Manuel Dodero Beardo (Universidad de Cádiz), Santiago Fernández Cabaleiro (Asociación Andaluza de Profesores de Informática), Alicia García Holgado (Universidad de Salamanca), Faraón Llorens Largo (Universidad de Alicante), Estefanía Martín Barroso (Universidad Rey Juan Carlos), Mercedes Martín Lope (Universidad Rey Juan Carlos), Pedro Paredes Barragán (Universidad Rey Juan Carlos), Salvador Sánchez Alonso (Universidad Rey Juan Carlos).

REFERENCIAS

ACM-IEEE (2020). *Computing Curricula 2020*. DOI 10.1145/3467967.

Aho, A. V. (2011). "Computation and computational thinking". *ACM Ubiquity*, 2011: artículo 1. DOI 10.1145/1922681.1922682.

Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, R., & Wittrock, M. C. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing. A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*, Addison-Wesley Longman.

Becker, B. A., & Quille, K. (2019). "50 Years of CS1 at SIGCSE: A review of the evolution of introductory programming education research". En *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '19)*. ACM Press, Nueva York, págs. 338-344. DOI 10.1145/3287324.3287432.

Böhm, C., & Jacopini, G. (1966). "Flow diagrams, Turing machines and languages with only two formation rules", *Communications of the ACM*, *9*(5):366-371. DOI 10.1145/355592.365646.

BOE (2020). "Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación", *Boletín Oficial del Estado*, núm. 340, 30 de diciembre de 2020, Sección I, págs. 122.868-122.953. https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3/con.

BOE (2022a). "Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil", *Boletín Oficial del Estado*, núm. 28, 2 de febrero de 2022, Sección I, págs. 14.561-14.595.

BOE (2022b). "Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria", *Boletín Oficial del Estado*, núm. 52, 2 de marzo de 2022, Sección I, págs. 24.386-24.504. https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/01/157/con.

BOE (2022c). "Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria", *Boletín Oficial del Estado*, núm. 76, 30 de marzo de 2022, Sección I, págs. 41.571-41.789. https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/27/con.

BOE (2022d). "Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de Bachillerato", *Boletín Oficial del Estado*, núm. 82, 6 de abril de 2022, Sección I, págs. 46.047-46.408. https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/04/05/243/con.

Caspersen, M. E., Diethelm, I., Gal-Ezer, J., McGettrick, A., Nardelli, E., Passey, D., Rovan, B., & Webb, M. (2022). *Informatics Reference Framework for School*, Informatics for All, febrero 2022. https://www.informaticsforall.org/the-informatics-reference-framework-for-school-release-february-2022/.

CECA (2024). *Encuesta. Ciberseguridad y hábitos de uso de canales digitales*, Confederación Española de Cajas de Ahorros. Febrero 2024. https://www.ceca.es/wp-content/uploads/2024/02/CECA_Encuesta-de-ciberseguridad.pdf.

Csizmadia, A., Curzon, P., Dorling, M., Humphreys, S., Ng, T., Selby, C., & Woollard, J. (2015). *Computational Thinking: A Guide for Teachers*. Computing at School. https://www.computingatschool.org.uk/media/kscbloob/computationalthinking.pdf.

Clancy, M. J., & Linn, M. C. (1999). "Patterns and pedagogy". En *Proceedings of the 30th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '99)*. ACM Press, Nueva York, págs. 37-42. DOI 10.1145/299649.299673.

Comisión Europea (2021). *International Digital Economy and Society Index (DESI)*. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi.

Comisión Europea/EACEA/Eurydice (2019). *La educación digital en los centros educativos en Europa*. Informe de Eurydice. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. DOI 10.2797/33210.

Comisión Europea/EACEA/Eurydice (2022). *La informática en la educación escolar en Europa*. Informe de Eurydice. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. DOI 10.2797/650654.

de Miguel, J., & Velázquez Iturbide, J. Á. (2025). "What is an algorithm?: Traditional vs. intelligent algorithms". En *Encyclopedia of Information Science and Technology*, Mehdi Khosrow-Pour (ed.), IGI Group, 6ª ed., 2025, 17 págs., DOI 10.4018/978-1-6684-7366-5.ch072

Denning, P. J., Comer, D. E., Gries, D., Mulder, M. C., Tucker, A. B., Turner, A. J., & Young, P. R. (1989). "Computing as a discipline", *Communications of the ACM*, 32(1):9-23, enero 1989. DOI 10.1145/63238.63239.

Diario Oficial de la Unión Europea (2024). *Recomendación del Consejo de 23 de noviembre de 2023 sobre la mejora de la provisión de capacidades y competencias digitales en la educación y la formación (C/2024/1030)*. 23 de enero de 2024. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:C_202401030.

du Boulay, B. (1986). "Some difficulties of learning to program". *Journal of Educational Computing Research*, 2(1):57-73. DOI 10.2190/3LFX-9RRF-67T8-UVK9.

Fincher, S. A., & Petre, M. (eds.) (2004) *Computer Science Education Research*, Routledge Falmer.

Fincher, S. A., & Robins, A. V. (eds.) (2019) *The Cambridge Handbook of Computing Education Research*, Cambridge University Press.

Ginat, D. (2001). "Misleading intuition in algorithmic problem solving". En *ACM SIGCSE Bulletin*, 33(1):21-25. DOI 10.1145/366413.364530

Informatics Europe & ACM Europe (2013). *Informatics Education: Europe Cannot Afford to Miss the Boat*, Report of the Joint Informatics Europe & ACM Europe Working Group on Informatics Education, abril 2013. https://www.informatics-europe.org/images/documents/informatics-education-acm-ie.pdf.

Kelleher, C., & Pausch, R. (2005). "Lowering the barriers to programming: A taxonomy of programming environments and languages for novice programmers", *ACM Computing Surveys*, 37(2):83-137, junio 2005. DOI 10.1145/1089733.1089734.

Knuth, D. E. (1973). *The Art of Computer Programming, Volume 1: Fundamental Algorithms*, 2ª ed., Addison-Wesley.

Knuth, D. E. (1985). "Algorithmic thinking and mathematical thinking". *The American Mathematical Monthly*, *92*(3):170-181. DOI 10.2307/2322871.

Kumar, A. N., Raj, R. K., Aly, S. G., Anderson, M. D., Becker, B. A., Blumenthal, R. L., Eaton, E., Epstein, S. L., Goldweber, M., Jalote, P., Lea, D., Oudshoorn, M., Pias, M., Reiser, S., Servin, C., Simha, R., Winters, T., & Xiang, Q. (2023). *Computer Science Curricula 2023*. ACM Press, IEEE Computer Society Press y AAAI Press. DOI 10.1145/3664191.

Luxton-Reilly, A., Simon, Albluwi, I., Becker, B. A., Giannakos, M., Kumar, A. N., Ott, L., Paterson, J., Scott, M. J., Sheard, J., & Szabo, C. (2018). "Introductory programming: A systematic literature review". En *Proceedings Companion of the 23th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE '18 Companion)*. ACM Press, Nueva York, págs. 55-106. DOI 10.1145/3293881.3295779.

Oliver, D., Dobele, T., Greber, M., & Roberts, T. (2004). "Comparing course assessments: When lower is higher and higher, lower". *Computer Science Education*, 14(4), 321-341. DOI 10.1080/0899340042000303465.

Perrenet, J. & Kaasenbrood, E. (2006). "Levels of abstraction in students' understanding of the concept of algorithm: The qualitative perspective". *ACM SIGCSE Bulletin*, 38(3):270-274. DOI 10.1145/1140123.1140196.

Polya, G. (1957). *How to Solve It*. Princeton University Press, 2ª ed.

Redecker, C. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*, JRC Report EUR 28775 EN, Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, European Commission, DOI 10.2760/159770.

Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B., & Kafai, Y. (2009). "Scratch: Programming for all," *Communications of the ACM*, 52(11):60-67, noviembre. 2009. DOI 10.1145/1592761.1592779.

Sentance, S., Barendsen, E., & Schulte, C. (eds.) (2018). *Computer Science Education: Perspectives on Teaching and Learning in School*, Bloomsbury Academic.

Tucker, A. J. (1991). "Computing Curricula 1991", *Communications of the ACM*, 34(6):69-84, junio 1991. DOI 10.1145/103701.103710.

Velázquez Iturbide, J. Á. (coord.) (2018). *Informe del grupo de trabajo SCIE/CODDII sobre la enseñanza preuniversitaria de la informática*. SCIE y CODDII. https://www.scie.es/wp-content/uploads/2021/02/Informe-SCIE-CODDI-2018-06.pdf.

Velázquez Iturbide, J. Á. (2019). "Students' misconceptions of optimization problems". En *Proceedings of the 24th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE '19)*, ACM Press, Nueva York, págs. 464-470. DOI 10.1145/3304221.3319749.

Velázquez Iturbide, J. Á. (2025). "Reflections on teaching algorithm courses". En *Proceedings of the 56th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '25)*. ACM Press, Nueva York. DOI 10.1145/3641554.3701937.

Velázquez Iturbide, J. Á., & Martín Lope, M. (2021). "Análisis del «pensamiento computacional»: Una perspectiva educativa", *RED. Revista de Educación a Distancia*, 21(68), artículo 6, noviembre 2021. DOI 10.6018/red.484811.

Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). *DigComp 2.2: The digital competence framework for citizens*, JRC Report EUR 128415 EN, Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, European Commission, DOI 10.2760/115376.

Zhang, X., Aivaloglou, F., & Specht, M. (2024). "A systematic umbrella review on computational thinking assessment in higher education". *European Journal of STEM Education*, 9(1):02. DOI 10.20897/ejsteme/14175.