



Análisis para la implementación conjunta de metodologías para el desarrollo de la investigación y la resolución de problemas en las aulas de ciencias

Alejandro Carlos Campina López, Antonio Alejandro Lorca Marín,
María Ángeles de las Heras Pérez

Departamento de Didácticas Integradas. Universidad de Huelva, Huelva, España

[Recibido el 25 de enero de 2023, aceptado el 17 de marzo de 2023]

Este trabajo es un análisis documental descriptivo que realiza un estudio comparativo entre el Pensamiento Computacional, la Indagación y la Modelización, proponiendo nuevas acepciones para así conformar un marco conceptual que pueda facilitar el desarrollo de actividades y proyectos educativos en el área de las ciencias. Dado el éxito de la Enseñanza de las Ciencias Basada en Indagación (IBSE, *Inquiry-Based Science Education*) y la demanda actual de una sociedad más digitalmente alfabetizada, se considera necesario definir las citadas metodologías y conocer sus principales componentes, características y habilidades que desempeñan para saber cómo convergen y se articulan, facilitando así su implementación y coexistencia. Los resultados de este análisis sugieren una gran afinidad y grado de solapamiento entre estos tres conceptos donde el uso de modelos se sitúa como uno de los ejes principales para su desarrollo en las aulas de ciencias.

Palabras clave: pensamiento computacional; indagación; modelización; didáctica de las ciencias experimentales; resolución de problemas.

Analysis of a mixed methodology of research and problem-solving in the science classroom

The article presents a comparative descriptive documentary analysis of computational thinking, inquiry and modelling, and proposes a new conceptual framework for the promotion of educational activities and projects in the field of science. The success of Inquiry-Based Science Education (IBSE) and the current demand for a more digitally literate society make it important to have a clear definition and understanding of these concepts, their main components and characteristics, and the skills they involve, in order to understand how they converge and connect, and thereby facilitate their implementation and coexistence. The findings of the study indicate a strong affinity and overlap between the three methodologies, and highlight the use of modelling as key to their use in the science classroom.

Keywords: computational thinking; inquiry; modelling; science education; problem-solving.

Para citar el artículo. Campina López, A.C., Lorca Marín, A.A. y de las Heras Pérez, M^a.Á. (2023). Análisis para la implementación conjunta de metodologías para el desarrollo de la investigación y la resolución de problemas en las aulas de ciencias. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 7(1), 75-91. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2023.7.1.9493>
Contacto. alejandrocampina@ddi.uhu.es; antonio.lorca@ddcc.uhu.es; angeles.delasheras@ddcc.uhu.es

Introducción

En los últimos años ha tenido lugar la introducción de la programación como materia en la enseñanza obligatoria en diversos países (R.D. 157/2022) y ha acelerado la aceptación del Pensamiento Computacional (PC) como un concepto imprescindible en la enseñanza sin dar tiempo a su investigación: qué procesos implica este pensamiento, para qué puede ser realmente útil y cómo podemos abordarlo en educación, más allá de enseñar a programar (Ortega-Ruipérez, 2020). Aun así, se constituye como un tema de interés para la investigación y para el desarrollo de innovaciones e intervenciones de la competencia STEM (*Science, Technology, Engineering, Maths*) (Grover & Pea, 2017), como una herramienta eficaz para fomentar las escasas vocaciones científicas que pueda desarrollar en el alumnado las capacidades necesarias para los trabajos del futuro (García-Fuentes, 2022) y como un recurso metodológico que actuaría como vehículo o medio para alcanzar determinados fines en las disciplinas o en las relaciones entre ellas (Quiroz-Vallejo et al., 2021).

El informe presentado en 2015 por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT (Olivares de Julián et al., 2016), en colaboración con el gigante tecnológico Google, destaca lo importante para las nuevas generaciones que supone el tener conocimiento en las Ciencias de la Computación (CC) para saber cómo funciona la tecnología, cómo se desarrolla y evoluciona, y para adquirir habilidades que son necesarias para diversos campos. De entre ellos, se pone de manifiesto el PC como una aproximación hacia la resolución de problemas en cualquier área, y no sólo en la relacionada con la tecnología. De forma análoga y en el mismo año, la propia Comisión Europea a través del informe *Science Education for Responsible Citizenship* habla sobre la necesidad de que los sistemas educativos y las políticas en materia de educación deberían centrar su apoyo a escuelas, maestros y estudiantes de todas las edades para aproximar la indagación a la educación de ciencias como parte de su núcleo (Hazelkorn et al., 2015). Según la propia FECYT, existen abundantes pruebas sobre los beneficios de un enfoque indagativo en el aprendizaje de las ciencias y cómo la mejor manera de aprender ciencia escolar es aplicándola a través de las prácticas científicas más recomendadas por la investigación didáctica, indagación, modelización y argumentación (Jiménez-Liso, 2020).

La necesidad de desarrollar el PC y la indagación en la enseñanza de ciencias hace replantearse cómo y en qué grado se pueden llevar a cabo de forma conjunta, y por ello se considera necesario tener en cuenta la modelización en su dimensión instrumental para que ayude en la construcción de procesos de andamiaje que han de guiar los procesos de enseñanza, ante tareas como conceptualizar, reflexionar, visualizar, ilustrar, representar, etc. (Oliva, 2021), considerándose una actividad esencial de la ciencia erudita y escolar que conlleva expresar, usar, evaluar y revisar dichos modelos como vía para la comprensión o generación de conocimiento.

Este trabajo tiene como objetivo proporcionar una visión general de los conceptos de PC, indagación y modelización para comprender y conocer sus componentes y características básicas (figura 1), para así poder definirlos y delimitar un área de trabajo que justifique su viabilidad conjunta en el futuro desarrollo de metodologías o protocolos de investigación STEM en las aulas de ciencias en niveles de educación primaria y secundaria (figura 2).

Marco Conceptual

La indagación científica ha estado en un perenne eje central en educación de las ciencias en el último siglo y refiere a la combinación de procesos científicos tradicionales junto con el conocimiento científico, razonamiento científico y el pensamiento crítico para desarrollar

el conocimiento científico (Lederman, 2009), además de fomentar el aprendizaje de actitudes científicas como el respeto por la evidencia, el escepticismo y la preocupación por los seres vivos y el medio ambiente (Harlen, 2000).

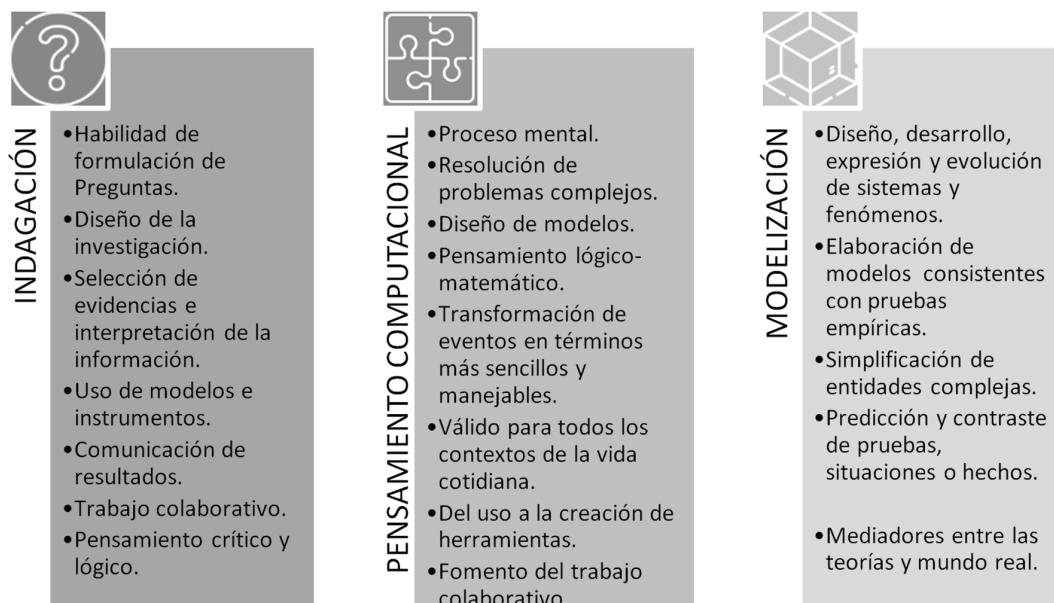


Figura 1. Esquema con algunas de las principales características de los conceptos de indagación, pensamiento computacional y modelización. Fuente: elaboración propia.

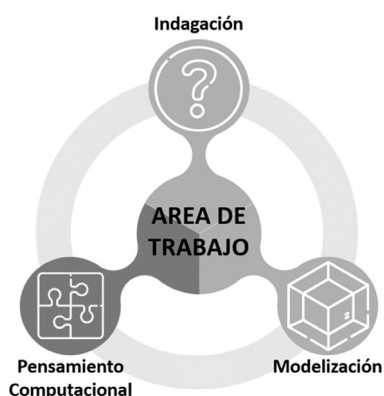


Figura 2. Representación de las tres áreas principales en las que se fundamenta este trabajo (pensamiento computacional, indagación y modelización) y su área de convergencia central como marco conceptual. Fuente: elaboración propia.

Según Cárdenas y Saavedra (2017), se hace necesario el diseño de instrumentos modelo que guíen el desarrollo de la competencia de indagación debido a las dificultades que presentan los estudiantes en los que se evidencia como debilidad la competencia de indagación en Ciencias Naturales, además de que muchos maestros parecen tener dificultades para crear situaciones en clase basadas en la indagación (Crawford, 2007). En este ámbito Couso (2014) expresa que el enfoque indagativo, como la mayoría de “modas educativas”, tiene en nuestro país una vida mucho más teórica (política y académica) que práctica, siendo muy pocos los docentes que enseñan de esta forma.

Por otro lado, el PC, fundamentado en el pensamiento lógico-matemático, es el exponente de una nueva forma de alfabetización digital y una competencia básica que todo

ciudadano debería conocer para desenvolverse en la sociedad digital (Zapata-Ros y Pérez-Paredes, 2018). El PC provee una metodología apropiada para resolver enunciados, ejercicios y situaciones problemáticas en cualquier ámbito de la vida y posee como uno de los objetivos principales dotar de habilidades para desenvolverse en los entornos digitales y manejar el lenguaje de los ordenadores, y así pasar de ser simples consumidores de tecnología digital a tener la capacidad de entenderlas e incluso de poder crearlas (Resnick y Rusk, 2020).

Dado el creciente rol que ocupa la informática en la educación, la comprensión de cómo las personas interactúan con las computadoras y entrenan el abordaje algorítmico de los problemas a través de lenguajes informáticos, se ha convertido en un área de interés para investigadores en educación (Fussero et al., 2021). Sin embargo, no existe un consenso en cómo deben incluirse estos contenidos en el sistema educativo (Bocconi et al., 2016). La falta de acuerdo entre los expertos sobre la propia definición o estructura que lo componen, puede dificultar su enseñanza, y por lo tanto una evaluación poco válida o fiable, por no hablar de la escasa inclusión de su didáctica en la formación inicial y permanente del profesorado o la falta de criterios estables para su integración en los currículos (Adell et al., 2019).

Ante la falta de una estrategia nacional en España que garantice al alumnado una formación universal en informática (Iturbide y Lope, 2021), el Gobierno de España publica el Real Decreto 157/2022 incluyendo el PC como unos de los componentes de la Competencia Digital (CD) y como una de las competencias específicas para las áreas de matemáticas y el conocimiento del medio natural, social y cultural. Ante esta realidad se sugiere la necesidad de realizar experiencias e investigaciones educativas que integren el PC y las disciplinas como las ciencias naturales, las humanidades y las ciencias sociales dada la escasez de trabajos en este ámbito (Quiroz-Vallejo et al., 2021).

Por último, recientes trabajos de investigación en torno a la dimensión instrumental de la modelización en la enseñanza de las ciencias (Oliva, 2021) ponen de manifiesto la necesidad de abordar los conceptos de modelo y modelización. A día de hoy dichos conceptos son considerados parte integral de la alfabetización científica (Gobert & Buckley, 2000). En palabras de Oliva (2019), “se asume que los modelos pueden ser importantes para el logro de la comprensión conceptual en la ciencia a un nivel que va más allá de la memorización de hechos, ecuaciones o algoritmos” y que, “sin descartar otras metas didácticas, la educación científica se interpreta en clave de aprendizaje de modelos”. Aun así, la enseñanza basada en modelos no es común en las aulas debido a que se asocia a ideas teóricas altamente abstractas en cuanto a la construcción de sus modelos y el desarrollo de sus explicaciones (Windschitl et al., 2008)

Metodología

Esta investigación se corresponde con el tipo descriptivo, siguiendo un diseño documental. Ante la necesidad de conocer las conceptualizaciones y los procesos de indagación, modelización y PC, se llevaron a cabo varias búsquedas para cada uno entre junio y noviembre del 2022 en diversas bases de datos (WoS, Scopus, Dialnet y ERIC), además de consultar webs oficiales del Ministerio de Educación de España e Inglaterra, así como revistas electrónicas asociadas a entidades relevantes como la BBC y *Microsoft*. Para las ecuaciones de búsqueda se consideraron todos los campos (título, palabras clave, autores...), concretándose diferentes palabras clave para la indagación y la modelización como: “inquiry”, “enquiry”, “IBSE” y “modelling”, “model”, “modelling resources” además de “MBI” (*model-based inquiry*), siendo asociadas con “science” y “science education”, respectivamente. Para la concreción del PC se utilizaron las palabras clave “computational

thinking” asociándola con “science”, “science education” y “STEM” o “STEAM”. Para los criterios de inclusión se consideraron documentos en inglés y español, además de estar relacionados con el ámbito de la investigación educativa dentro del campo de educación en ciencias y que fueran documentos de libre acceso. Para el PC se puso el foco en revisiones sistemáticas y en todos los casos se excluyeron toda aquella literatura no referida a la conceptualización y caracterización de cada uno de los tres conceptos que se estudian en este proyecto. Además, se tuvieron en cuenta algunos de los trabajos de los autores y estamentos más citados en los documentos seleccionados. Los documentos incluidos ascienden a 160 entre fuentes impresas y electrónicas, artículos en revistas, libros, tesis doctorales y páginas web, de las cuales se extrajeron y seleccionaron las principales características y definiciones que se sintetizaron en tablas y esquemas que presentamos este trabajo.

Resultados y discusión

Componentes y características de la indagación

Existen tres aspectos diferentes a los que los autores se refieren al hablar de indagación; (a) capacidades cognitivas que los estudiantes desarrollan y que incluyen tanto el dominio de las técnicas y herramientas como de las prácticas y conceptos en las que se basa la investigación empírica (destrezas y habilidades que deben aprender el alumnado); (b) métodos empleados por los científicos que el alumnado debe entender para dar respuesta a sus preguntas y comprender la naturaleza de las ciencias (los métodos usados por los científicos); y (c) estrategias de enseñanza y aprendizaje que el profesorado debe desarrollar para que el alumnado aprenda los dos aspectos anteriores (lo que deben conocer los docentes) (Barrow, 2006).

El Consejo Nacional de Investigación estadounidense NRC (*National Research Council*) en 1996 identificó y diferenció cinco características esenciales de indagación. Años más tarde el NRC (2000) especificó habilidades fundamentales las cuales también relacionamos (tabla 1) con algunas consideraciones publicadas por el Ministerio de Educación español en el “cuaderno de indagación en el aula y competencia científica”, donde se detallan algunos aspectos de la indagación que aproximan los proyectos de investigación en la escuela a la ciencia (Fernández et al., 2011).

De igual forma se definieron acciones donde poner énfasis para promover la enseñanza-aprendizaje de la indagación que Barrow, (2006) recopiló para el desarrollo de buenas prácticas en las aulas de ciencias (figura 3).

Además de las aportadas por el NRC podemos destacar otras características dentro de la investigación basada en la indagación que servirían para definir la NOSI (*Nature of Scientific Inquiry*) “Naturaleza de la indagación científica” (Lederman et al., 2021), que años antes el propio Lederman et al. (2014) enumeró:

1. En las investigaciones científicas todo comienza con una pregunta y no necesariamente se plantea una hipótesis.
2. No hay un único conjunto de pasos seguidos en todas las investigaciones (del mismo modo que no hay un único método científico).
3. Los procedimientos de la indagación están guiados por la pregunta planteada.
4. Todos los científicos que desarrollan los mismos procedimientos podrían no obtener los mismos resultados.
5. Los procedimientos de investigación pueden influir en los resultados.

Tabla 1. Componentes de la indagación educativa con habilidades y consideraciones relacionadas. Fuente: elaboración propia a partir de: NRC, (1996) y (2000); Bybee (2004); y Fernández et al. (2011).

Componentes (NRC, 1996)	Habilidades (NRC, 2000; Bybee, 2004)	Consideraciones (Fernández et al., 2011)
Preguntas científicamente orientadas que enganchen a los estudiantes.	Identificación preguntas y conceptos científicos. Formulación de preguntas e hipótesis.	El alumnado es el que decide la pregunta que va a investigar.
Recopilación de evidencias para la evaluación y desarrollo de explicaciones a las preguntas científicamente orientadas.	Aplicación de la lógica, construcción de argumentos, utilización de evidencias. Diseño de la investigación.	El alumnado estudia otras fuentes relativas al problema que quiere estudiar (informes, artículos, etc.). El alumnado diseña la metodología de investigación, guiados por el docente.
Explicaciones desarrolladas por los estudiantes a partir de sus evidencias que lleven a las preguntas científicamente orientadas.	Uso o construcción de modelos, dominio de las matemáticas y la tecnología como herramientas.	El alumnado realiza las investigaciones, observa, toma datos y los transforma en gráficos o modelos supervisados por el docente.
Evaluación de sus explicaciones, las cuales pueden incluir respuestas alternativas que reflejen una comprensión científica.	Reconocimiento y análisis de respuestas alternativas, revisión de los resultados, selección del modelo idóneo.	El alumnado explica los resultados y formula sus conclusiones. El alumnado comunica los resultados a la comunidad (escolar o, si procede, a la comunidad en general).
Comunicación y justificación de las explicaciones propuestas.	Ser capaz de comunicar, defender y argumentar científicamente.	

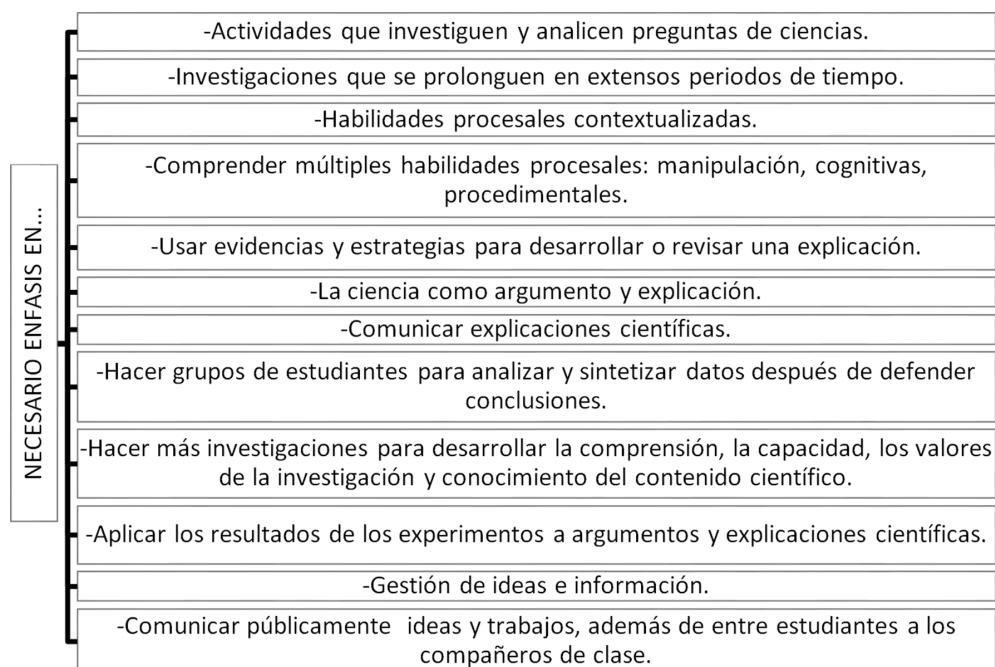


Figura 3. Esquema de acciones para promover buenas prácticas de la indagación en el aula. Elaboración propia. Fuente: NCR (1996) y Barrow (2006).

Jiménez-Liso a partir de Couso et al. (2020) propone el ciclo de indagación (figura 4) como ayuda para llevar a cabo una estrategia de investigación en las aulas de ciencias que consideramos como punto de referencia para trabajar el PC y la modelización:

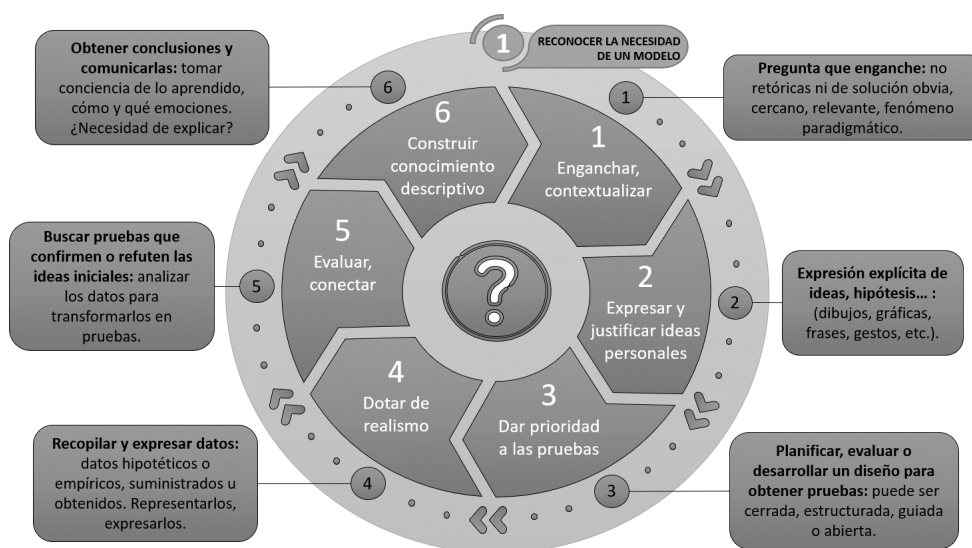


Figura 4. Esquema del ciclo de la indagación. En blanco se representa el objetivo didáctico (fases de la práctica de la indagación). En negro, la secuencia instruccional (fases de la instrucción). Fuente: Jiménez-Liso y Couso et al. (2020).

Definición de indagación

Según el OED (*Oxford English Dictionary*), “*inquiry*” o “*enquiry*” (indagar), se define como “la acción de búsqueda de la verdad, el conocimiento o la información sobre algo” o “la acción de preguntar o cuestionar”. Para la RAE (Real Academia de la Lengua Española) significa “intentar averiguar algo discurriendo con preguntas”. Estas definiciones parecen coincidir en el fundamento que tiene la indagación en el contexto científico y educativo, pues todo parece centrarse en el planteamiento de una pregunta; la indagación emana de una pregunta, cuestión, problema o exploración que tiene significado para los estudiantes (Galileo Educational Network, s.f.), siendo la formulación de preguntas de investigación una capacidad central del pensamiento científico (García-González y Furman, 2014). En esta línea, Martin-Hansen, (2002) expresa que “la indagación se refiere o al trabajo que realiza el investigador para estudiar el mundo natural o a las actividades de los estudiantes que ‘imitan’ lo que los científicos hacen.” Para Lederman (2009) y Furtak (2006), en sintonía con el NRC, la indagación científica “se refiere a los diferentes enfoques sistemáticos utilizados por los científicos para estudiar el mundo natural proponiendo explicaciones basadas en la evidencia derivada de su trabajo” o como también se definió posteriormente: “es el proceso de cómo los científicos hacen su trabajo y como se genera y acepta el conocimiento científico resultante” (Lederman et al., 2018).

Por otro lado, en países como Colombia el concepto de indagación en ciencias es una competencia y el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES) lo define como “Capacidad para plantear preguntas y procedimientos adecuados para buscar, seleccionar, organizar e interpretar información relevante para dar respuesta a esas preguntas (...) implica, entre otras cosas, plantear preguntas, hacer predicciones, identificar variables, realizar mediciones, organizar y analizar resultados, plantear conclusiones” (Cárdenas y Saavedra, 2017). En cuanto al *National Curriculum in England* (2013) habla de la indagación como una característica clave como aproximación a responder preguntas científicamente relevantes a través de la observación a lo largo del tiempo, búsqueda de patrones, identificar, clasificar y agrupar, pruebas comparativas y justas (investigaciones controladas) e investigar utilizando fuentes secundarias donde los alumnos deben buscar respuestas a las preguntas mediante la recopilación, el análisis y la presentación de datos.

En lo que respecta a España (Orden ECD/65/2015), si bien no se define, el concepto aquí se recoge a su vez dentro de la investigación científica como un “acercamiento a los métodos propios de la actividad científica” y dentro de estos métodos se cita al término de la siguiente manera: “indagación de caminos posibles para la resolución de problemas” sugiriéndose el concepto como una “búsqueda”.

De este modo, nos posicionamos para definir la indagación de la siguiente forma:

Estudio de una problemática que propicia la creación activa de conocimiento por medio de procedimientos rigurosos guiados a través de una o varias preguntas.

Se entiende como el planteamiento de una problemática que sirve de punto de partida para movilizar conocimiento y desencadenar una serie de procesos o procedimientos debidamente ejecutados en la búsqueda de una solución o respuesta. En un contexto educativo, la problemática principal podría propiciar el origen de uno o varios subproblemas que ayuden en su comprensión, los cuales se sugiere como necesario que han de ser formulados por los propios estudiantes, en aras de engancharlos, conectarlos y vincularlos con la problemática con la intención de generar emociones positivas para así despertar su curiosidad y su motivación en el proceso de investigación. El “modus operandi” o las formas de proceder, se consideran vitales para converger con el quehacer propio de la investigación científica en las que se busca rigurosidad procedimental en todas las fases de la investigación, sugiriéndose además como positivo la planificación del diseño y desarrollo metodológico por parte del alumnado en conjunción con el docente. Esta sinergia “problema-rigurosidad procedimental” se postula como clave en la construcción de la definición que sugerimos. De la misma forma, el posicionamiento que hemos acordado para la definición de la enseñanza de las ciencias basada en indagación (IBSE) sigue la misma línea de Furman y Podestá (2009) y Lederman et al. (2014):

Es un modelo didáctico que genera situaciones de enseñanza-aprendizaje a partir de la formulación de problemas investigables donde se propone que el alumnado realice rigurosos procedimientos que permiten la construcción y diseño de modelos explicativos para sustentar y comunicar conclusiones y teorías.

Estudio del Pensamiento Computacional

Componentes y características del Pensamiento Computacional

El NRC (2010) enumeró un amplio listado de elementos y procesos del PC como: la reformulación de problemas complejos por reducción y transformación; soluciones aproximadas; procesamiento en paralelo; verificación de tipos y verificación de modelos como generalizaciones del análisis dimensional; abstracción y descomposición de problemas; representación de problemas; modularización; prevención, prueba, depuración, recuperación y corrección de errores; simulación; razonamiento heurístico; planificación, aprendizaje y programación en presencia de incertidumbre; estrategias de búsqueda; análisis de la complejidad computacional de algoritmos y procesos. Otros autores como Zapata-Ros y Pérez-Paredes (2018) y Barr et al. (2011) añaden otros conceptos como: búsquedas binarias, recursión, paralelización, reconocimiento de patrones; automatización; creatividad; sinéctica; trabajo en equipo; metacognición, análisis ascendente y descendente y el pensamiento bayesiano.

En un acercamiento a la concreción de los procesos de pensamiento del PC, revisiones sistemáticas como las de Ortega-Ruipérez (2020), Bocconi et al. (2016) y Kalelioglu et al. (2016) delimitan y definen con cierto grado de concordancia cinco procesos

fundamentales: abstracción, generalización, descomposición, creación de algoritmos, evaluación. Ortega-Ruipérez defiende la descomposición como un proceso fundamental del PC, ya que conlleva a que se aborde el problema de forma más sencilla reduciendo el esfuerzo cognitivo y sirviendo como estrategia para facilitar los procesos de pensamiento superiores. DIMACS (*Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science*) (s.f.), concreta en cuatro los procesos clave (tabla 2) a los que llama las “piedras angulares” para el PC: descomposición, reconocimiento de patrones, abstracción y creación de algoritmos.

Tabla 2. Principales componentes definidas del Pensamiento Computacional (PC) en relación con sus habilidades asociadas a la resolución de problemas. Fuente: modificado de DIMACS (s.f.) y Ortega-Ruipérez (2020).

Principales componentes del PC	Habilidades
Abstracción: permite simplificar un concepto, identificando una idea a través del análisis de datos para desprender la idea general de los detalles.	Pensamiento abstracto, construcción de modelos, expresión oral y escrita, dominio de las matemáticas y la tecnología como herramientas
Algoritmización: permite la planificación de una secuencia lógica y limitada de acciones que conducen al logro de una tarea determinada.	Pensamiento algorítmico, secuenciación lógica. Expresión oral y escrita, dominio de las matemáticas y la tecnología como herramientas
Descomposición (o modularización): permite dividir el problema o tarea en partes más simples e independientes que se pueden abordar individualmente.	Identificación de problemas, Representación de problemas, construcción de modelos, dominio de las matemáticas y la tecnología como herramienta
Patrones: conjunto de entidades que comparten alguna característica que la diferencia del resto.	Lenguaje y reconocimiento de patrones. identificación de problemas, dominio de las matemáticas y la tecnología como herramienta

Así, se presenta la figura 5 como ejemplo y propuesta para desarrollo del PC en la resolución de problemas complejos representando los procesos fundamentales que acontecen en su ejecución a través del ciclo del PC.

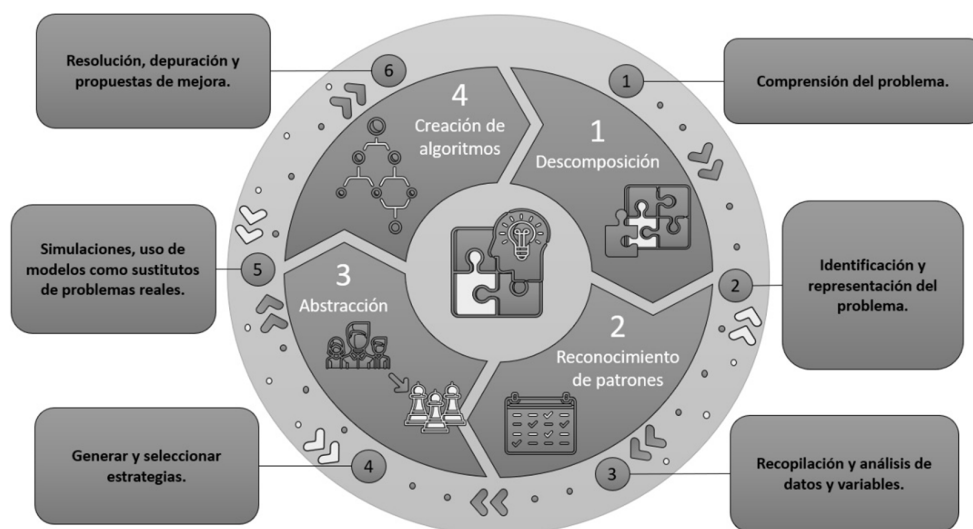


Figura 5. Ciclo del Pensamiento Computacional. En blanco, principales procesos de pensamiento implicados y, en negro, fases de la resolución de problemas aplicando el PC. Fuente: elaboración propia a partir de DIMACS (s. f.) y Ortega-Ruipérez (2020).

Este esquema está dividido en seis pasos o fases en la que destacamos la comprensión del tema asociado a una descomposición del mismo en partes más sencillas, además de la identificación y representación del problema a través del uso de un modelo mental, virtual o físico que sirvan de medio para plantear y desarrollar de estrategias. Esta secuencia sigue la línea de los trabajos de resolución de problemas matemáticos de Polya (1957) con cuatro principios fundamentales: (1) comprender el problema, (2) diseñar un plan para darle solución, (3) ejecutar el plan y (4) revisar si es mejorable.

Definición de Pensamiento Computacional

Acuña por vez primera por Wing en el año 2006, define el PC como una habilidad para la resolución de problemas y diseñar sistemas para comprender las características del comportamiento humano, apoyándose en conceptos fundamentales de la información, la tecnología y el pensamiento crítico (Wing, 2006). Posteriormente afirmaría que está constituido por los procesos de pensamiento involucrados en la formulación de un problema y en la expresión de su(s) solución(es), de tal manera que un humano o una máquina pueda ejecutarlos (Wing, 2011).

En el 2009 la *Computer Science Teachers Association* (CSTA), junto a *Microsoft*, defendieron que la esencia del PC es pensar en datos e ideas, y usar y combinar estos recursos para resolver problemas. Los maestros pueden alentar a los estudiantes a “pensar computacionalmente” moviendo proyectos tecnológicos más allá del “uso” de herramientas e información hacia la “creación” de herramientas e información (Philips, 2009). Teniendo en cuenta estos aspectos, Bocconi et al. (2016) pusieron de manifiesto que el PC es un proceso de pensamiento, por lo tanto independiente de la tecnología, además de un tipo específico de resolución de problemas que implica capacidades distintas como ser capaz de diseñar soluciones para ser ejecutadas por un ordenador.

Actualmente no existe un consenso en cuanto a la definición y se reconoce la falta de una definición precisa (Iturbide y Lope, 2021). Trabajos como los de Padrón et al. (2021) recopilan definiciones por parte de autores y organismos de más relevancia, como el CSTA (*Computer Science Teachers Association*), ISTE (*International Society for Technology in Education*), INTEF (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado), *The Royal Society* y CAS (*Computing At School*), entre otros. En su análisis, la mayoría de las definiciones hacen énfasis en el PC como un proceso mental. Padrón constata que “en este proceso, el pensador computacional formula interrogantes que le permiten operacionalizar los problemas y darles solución mediante estrategias basadas en el análisis y construcción de algoritmos, y en las cuales aplica sus habilidades y herramientas mentales.”

Autores como Yadav et al. (2016) lo definen como “dividir problemas complejos en subproblemas más familiares o manejables (descomposición del problema), usando una secuencia de pasos (algoritmos) para resolverlos, repasando cómo la solución se transfiere a problemas similares (abstracción) y finalmente determinando si una computadora puede resolver esos problemas de manera más eficiente (automatización)”. La BBC Bitesize (s. f.), en su sección de recursos educativos, expone que: “nos permite tomar un problema complejo, entender cuál es el problema y presentar soluciones de una manera que una computadora, un humano, o ambos, puedan entender”. La Comisión Europea lo asocia a “pensar como un científico informático”, utilizando los conceptos de la informática para formular y resolver problemas, “promoviéndose como habilidad o competencia tan fundamental como la aritmética y la lectoescritura” (European Commission, 2016).

Atendiendo a currículos, España contempla el PC como competencia específica, describiendo que “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". En cambio, en Inglaterra viene incluido dentro de los programas de estudio de la computación, enseñando PC a través de la programación.

Teniendo en cuenta las diferentes definiciones nos posicionamos en la línea del Ministerio de Educación y Formación Profesional para definir el PC como:

Proceso de resolución de problemas a través de su descomposición en partes más sencillas, utilizando modelos y reconociendo patrones, buscando y seleccionando datos e información relevante para crear algoritmos que automaticen y optimicen procesos de la vida cotidiana.

Estudio de la Modelización

Componentes y características de la modelización

La modelización en educación de las ciencias naturales hace referencia a multitud de actividades y recursos, físicos o virtuales, como maquetas, simulaciones, experimentos reales o virtuales, metáforas, analogías, etc. Se sugiere que el aprendizaje dentro de dicho currículo implica: adquirir una comprensión aceptable de qué es un modelo y cómo se lleva a cabo el modelado (Gilbert, 2004), así como su revisión y evolución.

En la figura 6 se representan las características, objetivos y consideraciones de los modelos en educación. El fundamento de estas metodologías parten de considerar los modelos como intermediarios entre la capacidad de los alumnos para interpretar los hechos naturales y los múltiples aspectos de estos hechos que funcionan sustancialmente al representar conexiones semánticas ocultas y organizarlas en un significado integral (Acher et al., 2007).

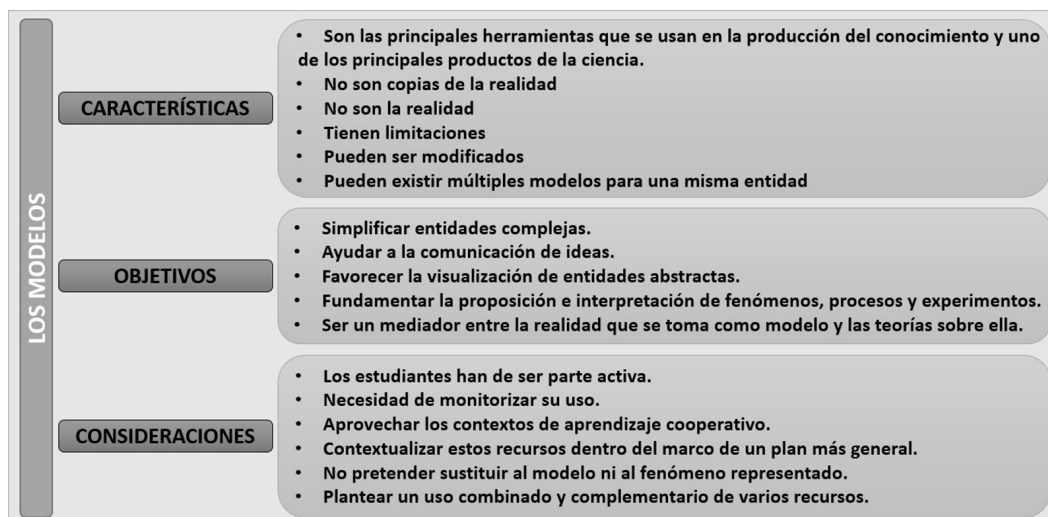


Figura 6. Esquema de las principales características, objetivos y consideraciones de los modelos en ciencias. Fuente: elaboración propia a partir de Caamaño et al. (2011) y Oliva (2021).

Couso et al., (2020) elaboraron un esquema (figura 7) para facilitar las prácticas en modelización y las fases de la enseñanza-aprendizaje centrada en los modelos.

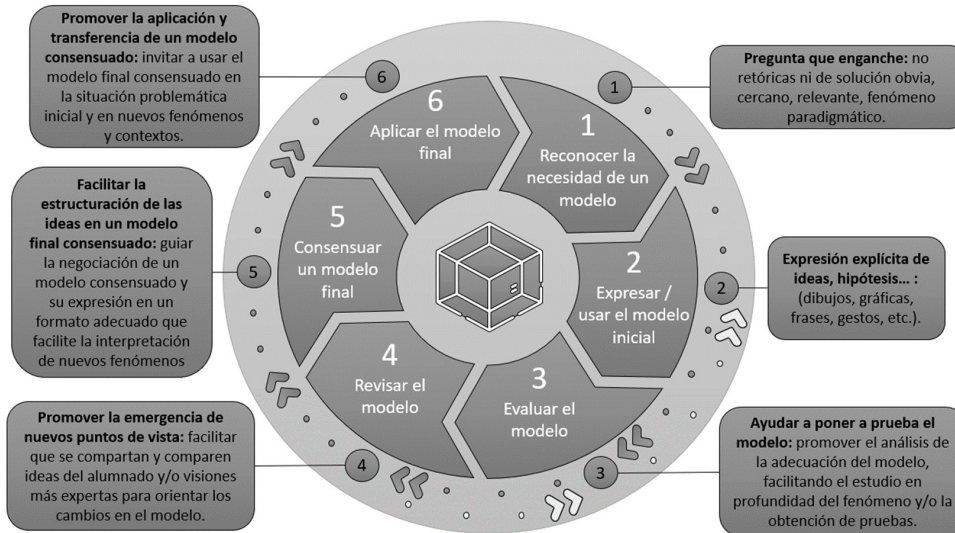


Figura 7. Esquema del ciclo de la modelización. En blanco, prácticas de modelización (alumnado). En negro, fases de la secuencia de enseñanza-aprendizaje centrada en modelizar (profesorado).
Fuente: Couso et al. (2020).

Estos ciclos se fundamentan en metodologías de enseñanza-aprendizaje basadas en modelos MBTL (*model-based teaching and learning*) (Gobert y Buckley, 2000) o también la indagación basada en modelos MBI (*model-based inquiry*) (Hernández et al., 2015).

El concepto de Modelización

Modelo y modelización tienen diferentes acepciones y enfoques, jugando todas ellas un papel esencial en la enseñanza de las ciencias (Oliva, 2021). Oliva define la modelización como implementación de recursos instrumentales que permiten representar y manejar modelos. Permite “idear” modelos interpretativos que nos sirvan para describir, predecir, explicar e intervenir en los fenómenos de acuerdo con lo que sabemos y las pruebas disponibles y que puedan transferirse a otros contextos. Esto implica poner el foco en la modelización, es decir, en la expresión, el uso, la evaluación y la revisión de los modelos (Couso, 2020), los cuales podríamos definir como representaciones de un fenómeno, objeto o sistema.

Una definición bastante aceptada considera que la modelización es la representación parcial de un objeto (modelo), un evento, un proceso o una idea, creado con un objetivo específico. (Gilbert et al., 2000). Acorde a esta línea definimos la modelización en ciencias como:

Diseño y uso de representaciones o ideas, reales o virtuales en constante revisión, que sirven para expresar, desarrollar, predecir y evaluar problemas, situaciones, procesos o conceptos.

Conclusiones

A raíz del análisis de las características y componentes de los tres campos estudiados, los resultados sugieren la existencia de una importante afinidad y facilidad para imbricarse de forma conjunta. La modelización parece ser el eje fundamental tanto en el desarrollo del PC como en la indagación, ya que sirve de base para la creación y desarrollo de un producto propio o colectivo en la resolución de problemas que refuerza la creatividad a medida que se aprende, que genera multitud de destrezas y que podría dar lugar a

emociones positivas en el alumnado. Según Oliva (2019) sería válido el desarrollo de prácticas parciales que involucren sólo una o más etapas del ciclo, esto facilitaría la inclusión de la modelización en los procesos de indagación y PC sin la necesidad que llevar a cabo necesariamente todas las etapas de todos los procesos.

El ciclo de la indagación y la modelización requieren como punto de partida la formulación de una pregunta investigable. Este hecho parece contrastar con el PC pues, a pesar de que existen muchos autores que definen al PC como un proceso para la formulación de problemas, se considera que estos problemas se desarrollan a lo largo de un proceso (o vienen ya dados de inicio forma externa), considerándose el PC como un proceso puramente resolutivo. Así, se sugiere que métodos de investigación ampliamente validados en la educación en ciencias como la modelización e indagación fundamentarían y dotarían de problemas investigables aunando el PC con procedimientos y contenidos de ciencias, propiciando una alfabetización científica y digital que facilitaría la generación de pensamiento crítico en el alumnado. Este hecho junto con la necesidad del currículo de usar en el aula simulaciones interactivas y representar fenómenos de difícil realización experimental, daría respuesta a la necesidad de una formación completa y congruente con el mundo actual en el ámbito educativo, social, económico y cultural.

Se plantea así la necesidad, como propuesta de futuro, de que se desarrollen experiencias educativas STEM con metodologías o protocolos de enseñanza fundamentados en la investigación científica que integren la indagación, el PC y la modelización.

Bibliografía

- Acher, A., Arcà, M. y Sanmartí, N. (2007). Modeling as a teaching learning process for understanding materials: A case study in primary education. *Science Education*, 91(3), 398-418. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20196>
- Adell, J., Llopis, M. Á., Esteve, F. y Valdeolivas, M. G. (2019). El debate sobre el pensamiento computacional en educación. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(1), 171-186. DOI: <https://doi.org/10.5944/ried.22.1.22303>
- Barr, D., Harrison, J. y Conery, L. (2011). Computational Thinking: A Digital Age Skill for Everyone. *Learning & Leading with Technology*, 38(6), 20-23.
- Barrow, L. H. (2006). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 265-278. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10972-006-9008-5>
- BBC Bitesize. (s. f.). *What is computational thinking? - Introduction to computational thinking - KS3 Computer Science Revision*. BBC Bitesize. Recuperado de: <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zp92mp3/revision/1>
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A. y Engelhardt, K. (2016). *El Pensamiento Computacional en la Enseñanza Obligatoria (Computhink) by INTEFP Europa—Developing computational thinking in compulsory education—Implications for policy and practice*. Recuperado de: https://issuu.com/ite_europa/docs/2017_0206_computhink_jrc_ue_intef
- Caamaño, A. (coord.), Cañal, P., Couso, D., Ametller, J., Justí, R., Sanmartí, N., de Pro, A. y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2011). *Didáctica de la física y química*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España.
- Cárdenas, Y. B. y Saavedra, R. C. (2017). Desarrollo de la competencia de indagación en Ciencias Naturales. *Educación Y Ciencia*, 20, 1-15.

- Couso, D. (2014). *De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: Una reflexión crítica*. XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales.
- Couso, D., Jiménez-Liso, M. R., Refojo, C. y Sacristán, J. A. (2020). *Enseñando ciencia con ciencia*. FECYT. Recuperado de: <https://www.fecyt.es/es/publicacion/ensenando-ciencia-con-ciencia>
- Crawford, B. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 613-642. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.20157>
- Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science (DIMACS) (s. f.). What Is Computational Thinking? *Computational Thinking for High School Teachers*. Recuperado de: <https://ctpdonline.org/computational-thinking>
- European Commission. Joint Research Centre (2016). *Developing computational thinking in compulsory education: Implications for policy and practice*. Publications Office. DOI: <https://doi.org/10.2791/792158>
- Fernández, F. et al. (2011). *Cuaderno de indagación en el aula y competencia científica—Publicaciones*. Ministerio de Educación y Formación Profesional. Recuperado de: <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/cuaderno-de-indagacion-en-el-aula-y-competencia-cientifica/ciencia-ensenanza/15094>
- Furman, M. y Podestá, M. (2009). *La Aventura de Enseñar Ciencias Naturales*. Aique Educación.
- Furtak, E. M. (2006). The problem with answers: An exploration of guided scientific inquiry teaching. *Science Education*, 90(3), 453-467. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20130>
- Fussero, G. B., Occelli, M. y Chiarani, M. (2021). Computational Thinking and Genetic Engineering learning: An Approach from Design Research. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 30, 40-50.
- Galileo Educational Network. (s.f.). ¿Qué es la Indagación? *Galileo Educational Network*. Recuperado de: <https://galileo.org/articles/que-es-la-indagacion>
- García González, S. M. y Furman, M. G. (2014). Categorización de preguntas formuladas antes y después de la enseñanza por indagación. *Praxis & Saber*, 5(10), 75. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/prasa/v5n10/v5n10a05.pdf>
- García-Fuentes, O. (2022). Educational robotics and computational thinking in early childhood and the home: A study in the digital press. *Digital Education Review*, 41, 124-139. DOI: <https://doi.org/10.1344/DER.2022.41.124-139>
- Gilbert, J. K. (2004). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J. y Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. En J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education* (pp. 3-17). Springer Netherlands. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1_1
- Gobert, J. D. y Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894. DOI: <https://doi.org/10.1080/095006900416839>

- Grover, S. y Pea, R. (2017). *Computational Thinking: A Competency Whose Time Has Come*. DOI: <https://doi.org/10.5040/9781350057142.ch-003>
- Harlen, W. (2000). *Teaching, learning and assessing science 5-12* (3rd ed.). Paul Chapman Pub. Ltd.
- Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C., Deca, L., Grangeat, M., Karikorpi, M., Lazoudis, A., Pintó, R. y Welzel-Breuer, M. (2015). *Science Education for Responsible Citizenship*. DOI: <https://doi.org/10.2777/12626>
- Hernández, M. I., Couso, D. y Pintó, R. (2015). Analyzing Students' Learning Progressions Throughout a Teaching Sequence on Acoustic Properties of Materials with a Model-Based Inquiry Approach. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2), 356-377. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9503-y>
- Iturbide, J. Á. V. y Lope, M. M. (2021). Analysis of «computational thinking»: An educational approach. *Revista de Educación a Distancia*, 21(68). DOI: <https://doi.org/10.6018/red.484811>
- Jiménez-Liso, M. R. (2020). *Enseñando ciencia con ciencia*. FECYT. Recuperado de: <https://www.fecyt.es/es/publicacion/ensenando-ciencia-con-ciencia>
- Kalelioglu, F., Gulbahar, Y. y Kukul, V. (2016). A Framework for Computational Thinking Based on a Systematic Research Review. *Baltic Journal of Modern Computing*, 4(3), 583-596.
- Lederman, D. J. S. (2009). Teaching scientific inquiry: Exploration, directed, guided, and opened-ended levels. In *National Geographic Science: Best Practices and Research Base*. Hapton-Brown Publishers (pp. 8-20).
- Lederman, J., Lederman, N., Bartels, S., Jimenez, J., Lavonen, J., Blanquet, E., Neumann, I., Kremer, K., Mamlok-Naaman, R., Blonder, R., Gaigher, E., Hattingh, A.-M., Hamed, S., Lin, S., Han Tosunoglu, C. y Yalaki, Y. (2018). An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(4), 486-515. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21512>
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartels, S., Jimenez, J., Acosta, K., Akubo, M., Aly, S., Andrade, M. A. B. S. de, Atanasova, M., Blanquet, E., Blonder, R., Brown, P., Cardoso, R., Castillo-Urueta, P., Chaipidech, P., Concannon, J., Dogan, O. K., El-Deghaidy, H., Elzorkani, A., ... Wishart, J. (2021). International collaborative follow-up investigation of graduating high school students' understandings of the nature of scientific inquiry: Is progress Being made? *International Journal of Science Education*, 43(7), 991-1016. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1894500>
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A. y Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry—The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65-83. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21125>
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry. *The Science Teacher*, 69, 34-37.
- Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato, Pub. L. No. Orden ECD/65/2015, BOE-A-2015-738 6986 (2015). Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/o/2015/01/21/ecd65>

- Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria, Pub. L. No. Real Decreto 157/2022, BOE-A-2022-3296 24386 (2022). Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/01/157>
- National Curriculum in England (2013). *National curriculum in England: Primary curriculum*. GOV. UK. Recuperado de: <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-primary-curriculum>
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. The National Academies Press. DOI: <https://doi.org/10.17226/4962>
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. National Academy Press. Recuperado de: <http://archive.org/details/inquirynationals0000unse>
- National Research Council. (2010). *Report of a Workshop on the Scope and Nature of Computational Thinking*. DOI: <https://doi.org/10.17226/12840>
- Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), 5-24. DOI: <https://doi.org/10.5565/REV/ENSCIENCIAS.2648>
- Oliva, J. M. (2021). Líneas y resultados de investigación en torno a la dimensión instrumental de la modelización en la enseñanza de las ciencias. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 5(2), 1-16. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2021.5.2.7629>
- Olivares de Julián, P., Ruíz Oliva, A., Zimmerman, Jose Luis, Mateos, J. A., Salazar Sabaté, F., Moreno León, J., Muntaner Perich, E. y Gómez Ortega, A. (2016). *Educación de las Ciencias de la Computación en España*. FECYT. Recuperado de: <https://www.fecyt.es/es/publicacion/educacion-de-las-ciencias-de-la-computacion-en-espana>
- Ortega-Ruipérez, B. (2020). Pedagogía del Pensamiento Computacional desde la Psicología: Un Pensamiento para Resolver Problemas. *Cuestiones Pedagógicas. Revista de Ciencias de la Educación*, 2(29), 130-144. DOI: <https://doi.org/10.12795/CP.2020.i29.v2.10>
- Padrón, N. P., Planchart, S. F. y Reina, M. F. (2021). Aproximación a una definición de pensamiento computacional. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 55-76. DOI: <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.27419>
- Philips, P. (2009). *Computational Thinking, a problem solving tool for every classroom—CS & IT Symposium 2008*. Studylib.Net. Recuperado de: <https://studylib.net/doc/8116632/computational-thinking---csta>
- Polya, G. (1957). *How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method*. Princeton University Press.
- Quiroz-Vallejo, D. A., Carmona-Mesa, J. A., Castrillón-Yepes, A. y Villa-Ochoa, J. A. (2021). Integración del Pensamiento Computacional en la educación primaria y secundaria en Latinoamérica: una revisión sistemática de literatura. *Revista de Educación a Distancia*, 21(68), 1-33. DOI: <https://doi.org/10.6018/red.485321>
- Resnick, M. y Rusk, N. (2020). Coding at a Crossroads. *Communications of the Acm*, 63(11), 120-127. DOI: <https://doi.org/10.1145/3375546>
- Windschitl, M., Thompson, J. y Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967. DOI: <https://doi.org/10.1002/sc.20259>

- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. DOI: <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wing, J. M. (2011). Computational Thinking. En G. Costagliola, A. Ko, A. Cypher, J. Nichols, C. Scaffidi, C. Kelleher, & B. Myers (Eds.), *2011 Ieee Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (vl/Hcc 2011)* (pp. 3-3). Ieee Computer Soc.
- Yadav, A., Hong, H. y Stephenson, C. (2016). Computational Thinking for All: Pedagogical Approaches to Embedding 21st Century Problem Solving in K-12 Classrooms. *TechTrends*, 60(6), 565-568. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0087-7>
- Zapata-Ros, M. y Pérez-Paredes, P. (2018). *El Pensamiento Computacional, análisis de una competencia clave*. RED de Hypotheses: El aprendizaje en la Sociedad del Conocimiento.

