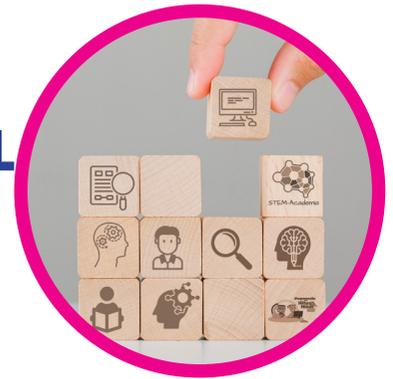




# EL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL EN EL CURRÍCULO



## Educación en STEM

Por su naturaleza las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) son muy cercanas a las ciencias de la computación y al pensamiento computacional.

La educación en STEM, la cual hace fundamentalmente referencia a la enseñanza de estas 4 áreas, requiere una articulación apropiada con el pensamiento computacional. Por ejemplo, algunas comprensiones y habilidades que se desarrollan en matemáticas son necesarias para aprender pensamiento computacional. Tal es el caso de la aritmética y estadística básica, identificación de secuencias y patrones, así como algunos precursores de la lógica.

En el marco del aprendizaje explícito del pensamiento computacional, la aplicación de estos aprendizajes previos puede ayudar a su consolidación y a su aplicación.

Posteriormente, el uso de comprensiones y habilidades del pensamiento computacional pueden ayudar a comprender mejor el aprendizaje de las matemáticas, las ciencias e incluso la ingeniería en el marco de la educación primaria y secundaria.

1) Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., ... & Werner, L. (2011). Computational thinking for youth in practice. *Acm Inroads*, 2(1), 32-37.

2) Vieira, C., Magana, A. J., Garcia, R. E., Jana, A., & Krafcik, M. (2018). Integrating computational science tools into a thermodynamics course. *Journal of Science Education and Technology*, 27(4), 322-333.

3) Magana, A.J., Falk, M.L., Vieira, C., Reese, M.J., Alabi, O., and Patinet, S. (2017). Affordances and Challenges of Computational Tools for Supporting Modeling and Simulation. *Computer Applications in Engineering Education*, 25(1) DOI: 10.1002/cae.21804.

Teniendo en cuenta que el pensamiento computacional (PC) es un conjunto de prácticas, conceptos y métodos provenientes de las ciencias de la computación a las que se acude para resolver problemas y representar fenómenos complejos en todas las áreas de conocimiento, profesionales de todas estas áreas pueden utilizar conceptos y habilidades tales como abstracción, descomposición, diseño de algoritmos o automatización, para representar fenómenos de sus disciplinas, a través de modelos y simulaciones, o para resolver problemas a través de la computación. Dichas prácticas, integradas en las propuestas de enseñanza, pueden apoyar el aprendizaje en cursos disciplinarios<sup>1</sup>.

La importancia que tiene integrar el PC en los procesos de enseñanza y aprendizaje es preparar al estudiantado para la utilización de las herramientas computacionales que les permita solucionar problemas, representar ideas, construir modelos y simulaciones y en el caso de los profesores los prepara para diseñar ambientes de aprendizaje abarcando aspectos de la realidad que desde el aula no se logran.



## Qué dice la evidencia

Se viene insistiendo en que aprender el PC puede ser tan importante como aprender matemáticas o aprender a leer y escribir. Los planes de estudio de pregrado han avanzado en crear cursos de programación para disciplinas específicas y usar modelos y simulaciones computacionales para representar fenómenos complejos en cursos disciplinarios<sup>2</sup>.

Estudios recientes han comenzado a explorar los desafíos que enfrentan los y las estudiantes cuando se exponen a estos planes de estudio integrados. Por ejemplo, en ingeniería, se describió la paradoja de la transparencia: los estudiantes piden a los educadores que brinden transparencia sobre los mecanismos subyacentes de los modelos computacionales; cuando se otorga transparencia, el estudiantado lucha por aprender tanto la ciencia como la parte computacional de la misma. Para tener éxito en un entorno de aprendizaje con modelos transparentes, los estudiantes deben estar preparados para manejar tal complejidad. También se ha encontrado que el estudiantado tenía dificultades para mapear representaciones (por ejemplo, de representaciones conceptuales a matemáticas y computacionales) en una actividad de modelado computacional<sup>3</sup>. En ciencia, se mencionan cuatro desafíos que enfrentan los y las estudiantes en un entorno de aprendizaje integrado de pensamiento computacional:

1. comprensión limitada del conocimiento del dominio que modelaron;





2. dificultades para abstraer un fenómeno científico como modelo;
3. dificultades para comprender las propiedades y comportamientos emergentes en modelos basados en agentes; y
4. desafíos específicos de programación.

La computación ha ido aumentando su presencia en distintas áreas, por ejemplo, la lingüística, el arte, la física y la biología computacional, son solo algunas de las subdisciplinas que utilizan la computación como principal herramienta para representar fenómenos y resolver problemas. Esto ha generado nuevos campos laborales que no existían años atrás, por lo cual, el campo educativo se ha interesado en la integración del PC en el currículo.

Luego de que Jeannette Wing se pronunciará en 2006 acerca de la relevancia del pensamiento computacional como habilidad de uso universal, la Sociedad Internacional para las Tecnologías en Educación (ISTE por su sigla en inglés) y la Asociación de Maestros de Ciencia de la Computación (CSTA por su sigla en inglés) en el año 2010 lanzaron el proyecto Apoyo al liderazgo intelectual para el Pensamiento Computacional en el Currículo Educativo Escolar, el cual buscaba la construcción de consenso sobre la definición del PC y desarrollar experiencias donde se integre el PC transversalmente con el currículo. Como resultado, surgió un documento a manera de caja de herramientas con la finalidad de despertar en los estudiantes el interés por este campo de conocimiento, y de que a su vez sea un apoyo para que los docentes puedan implementar y desarrollar el PC en el aula acorde con la disciplina que enseñan.

Algunos ejemplos de integración del pensamiento computacional a las aulas han sido propuestos<sup>4</sup>, como la utilización de apps de uso convencional en las clases de matemáticas; en clases de ciencias, programas y aplicaciones disponibles en la red, como sensores que captan en tiempo real la temperatura, presión, velocidad, pH, entre otras propiedades; animaciones, simulaciones, laboratorios y entornos virtuales, son recursos educativos que también facilitan la enseñanza de las ciencias a través de la computación.

Comprendiendo que las herramientas y métodos computacionales han permeado múltiples áreas de la ciencia y la ingeniería, diferentes universidades han comenzado a integrar estas herramientas en sus cursos básicos. En un estudio<sup>2</sup> realizado, se evaluó la introducción de tres módulos computacionales en un curso de termodinámica. Los módulos usados fueron del Virtual Kinetics of Materials Laboratory (VKML). Los resultados del estudio sugieren que el uso de simulaciones computacionales puede ayudar a los estudiantes a comprender mejor los conceptos disciplinarios abstractos.

Dentro de proyectos relacionados con la integración del PC y diferentes áreas disciplinares, se destaca CT-STEM como un proyecto de investigación de la Universidad de Northwestern apoyado por la National Science Foundation. Proponen estudiar un modelo en el que la computación se encuentre integrada con áreas como la biología, física y matemáticas.

Bajo esta línea se mencionan que el pensamiento computacional comprende los conocimientos y habilidades para usar, modificar, crear y evaluar representaciones computacionales de fenómenos en diferentes áreas del conocimiento, de tal manera que nos permita entender mejor dichos fenómenos, predecir comportamientos, y diseñar soluciones a problemas relacionados<sup>5</sup>.

4) López, V., Couso, D., Simarro, C. (2018). Educación STEM en y para el mundo digital. Cómo y por qué llevar las herramientas digitales a las aulas de ciencias, matemáticas y tecnologías. RED. Revista de Educación a Distancia, 5XX. <http://www.um.es/ead/red/XX>  
5) Espinal, A. y Vieira, C (2020) Ficha Didáctica – Integrando el Pensamiento Computacional en las Ciencias Naturales. Programa de Desarrollo Profesional Docente en Pensamiento Computacional. Antioquia, Colombia.



## ¿Cómo integrar el pensamiento computacional en otras áreas?

A continuación se presentarán diferentes ejemplos de integración del pensamiento computacional en el currículo.

### Ciencias naturales

Dentro de los procesos de enseñanza en esta área, existen muchos fenómenos que se quieren comprender y explicar y que son difíciles de llevar a la experimentación en el contexto escolar. Cuando esto ocurre, se acude a modelos y simulaciones para apoyar el proceso de aprendizaje en los estudiantes.

En ciencias naturales, estos fenómenos pueden ocurrir a escala microscópica (p. ej. los procesos en las células o los fenómenos con virus y bacterias o la conformación de átomos o moléculas) o a una escala macroscópica donde la ventana de tiempo en la cual ocurren no permite hacer experimentos en el entorno escolar (p. ej. selección natural, o sostenibilidad de un ecosistema natural).

Por ejemplo, Netlogo es un lenguaje de programación que permite modelar y simular fenómenos en un entorno basado en agentes.

El modelo depredador-presa explora la estabilidad de un ecosistema donde hay depredadores (ej., lobos) y presas (ej. ovejas), y permite seleccionar parámetros como la tasa de reproducción de diferentes individuos.

Cuando los estudiantes interactúan con esta simulación pueden evaluar diferentes casos en los que el ecosistema se vuelve inestable, y cuáles son las variables que permiten asegurar la estabilidad a largo plazo.

Otra posibilidad es el uso de dispositivos como la **micro:bit** para leer y procesar información de variables físicas, como el nivel de iluminación o la temperatura.

De esta forma se facilita la realización de algunas actividades de indagación sobre fenómenos naturales involucrando el manejo de datos y su procesamiento.

### Ciencias sociales

Dentro de esta área, podemos hablar de la memoria histórica. En los últimos años, diferentes proyectos han trabajado el tema de memoria histórica utilizando herramientas de las ciencias de la computación.

En mayo de 2016 se llevó a cabo el Segundo taller internacional de Historia Computacional y Humanidades basadas en Datos.

En este evento, se discutió cómo la historia digital ha demostrado su valor como fuente de cuestionamiento y como un medio para comunicar los resultados de investigación. Se ha argumentado que las herramientas de humanidades digitales requieren una labor adicional por parte de los historiadores y es el ser críticos sobre la herramienta misma, aspecto que fue planteado por Ter Braake y sus colegas en 2016.

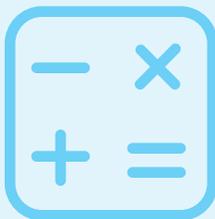




Otro ejemplo de la utilización de la computación es el que se adelanta en la Nanyang Technological University en Singapur donde se ha planteado el proyecto de investigación Engineering Historical Memory (EHM), en el que se desarrollan y aplican técnicas de computación para la organización de datos históricos, utilizando técnicas como reconocimiento de patrones y algoritmos de aprendizaje para resolver problemas derivados del estudio, interpretación y conservación de la información.

La capacidad de análisis que permiten las diferentes herramientas tecnológicas y las conexiones entre diversas fuentes narrativas usadas para la construcción de una historia puede revolucionar la práctica de esta disciplina.

Esto conduce a la necesidad de análisis y estudios orientados a la aplicación de estas acciones que permitan mejorar y contribuir a los procesos de captura, almacenamiento y difusión de datos relacionados con la memoria histórica.



### Matemáticas

Actualmente existen departamentos académicos que realizan investigaciones matemáticas en áreas de las ciencias y la ingeniería donde la computación juega un rol fundamental, campo denominado Matemática Computacional.

Uno de los grupos científicos que se desempeña en esta disciplina es Duke's Mathematics Department. Los temas que desarrolla este departamento se relacionan con la eficiencia y precisión de métodos numéricos para resolver modelos físicos o biológicos, análisis de aproximaciones numéricas para diferentes ecuaciones diferenciales o integrales y desarrollo de herramientas computacionales para un mejor entendimiento de datos numéricos.

### Artes

El desarrollo de experiencias de aprendizaje de ciencias de la computación que incentiven la creatividad, la autoexpresión y la resolución de problemas en todos los grados y áreas temáticas es apoyado con herramientas como scratch.



Esta herramienta permite realizar trabajos musicales que incorporen una buena cantidad de bloques. Ejemplo de ello es el taller "haciendo música con scratch" disponible en el proyecto Performamatics, financiado por la National Science Foundation. Este busca que los estudiantes aprendan a pensar analíticamente y comprendan conceptos de computación a un nivel más profundo, empleando el poder atractivo de la música.

Algunos temas que se abordan en el taller son los conceptos de bucle y control de flujo en un programa, a la vez que reproducen obras como Frère Jacques.



## Relación con TPACK

Cuando hablamos de las dimensiones del TPACK (por sus siglas en inglés Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido), es importante identificar que uno de sus componentes es el conocimiento tecnológico.

Aunque se tengan los conocimientos pedagógicos y de contenido de las áreas disciplinares, es importante contar con el conocimiento para incorporar apropiadamente el uso de la tecnología. El uso inapropiado de la tecnología computacional pueden constituirse en un obstáculo y un distractor. Identificar qué aprendizajes y habilidades pueden desarrollarse con el uso de una tecnología y las estrategias pedagógicas para enseñarlos es central.

Un ejemplo de esto, se puede ver en la integración del PC en las ciencias sociales. Se ha dicho que el uso de las herramientas computacionales en estas disciplinas requiere una labor adicional por parte de quienes las utilizan: ser críticos sobre la herramienta misma (Braake, 2016). Es en este punto donde toman especial importancia los programas de desarrollo profesional docente en los cuales se pueda construir un conocimiento de las herramientas computacionales para integrarlo a las actividades de enseñanza.

### Algunas referencias para ir más lejos

CSTA-ISTE (2011). *Pensamiento computacional. Caja de herramientas para líderes*. <http://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/PensamientoComputacional1.pdf>

Magana, A. J., Falk, L.M., Vieira, C., & Reese, J.M. (2016) A Case Study of Undergraduate Engineering Students' Computational Literacy and Self-Beliefs about Computing in the Context of Authentic Practices. *Computers in Human Behavior*, 61, 427-442

Ter Braake, S., Fokkens, A., Ockeloen, N., & van Son, C. (2016, May). *Digital history: Towards new methodologies*. In *International Workshop on Computational History and Data-Driven Humanities* (pp. 23-32). Springer, Cham.

Wing, J. (2006). *Computational thinking*. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-36. Recuperate from: <https://dl.acm.org/doi/fullHtml/10.1145/1118178.1118215>